

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-243733

(P2001-243733A)

(43) 公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 21/10

20/12

識別記号

F I

G 1 1 B 21/10

20/12

データベース(参考)

W

B

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2001-21772(P2001-21772)

(22) 出願日 平成13年1月30日(2001.1.30)

(31) 優先権主張番号 09/494826

(32) 優先日 平成12年1月31日(2000.1.31)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 591179352

クワンタム・コーポレーション

QUANTUM CORPORATION

アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア

州、ミルピタス、マッカーシー・プールバ

ード、500

(72) 発明者 ビル・ベイカー

アメリカ合衆国、94061 カリフォルニア

州、レッドウッド・シティ、パインヤ

ード・ドライブ、3824

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外5名)

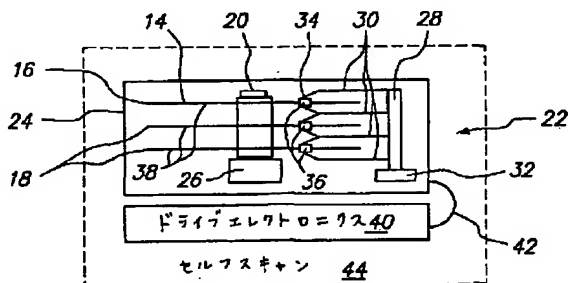
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスクドライブのセルフサーボ書込方法およびそれに用いる埋込基準パターン

(57) 【要約】

【課題】 ディスクドライブのセルフサーボ書込方法を提供する。

【解決手段】 この方法は、サーボ基準パターンを磁気プリンティングによりディスクの少なくとも1つの記憶面に転写するステップと、ディスクをディスクドライブに取付けるステップならびにディスクおよびデータトランスデューサを、不変の周囲環境からの粒子汚染を防ぐよう封止されたハウジング内に密閉するステップを含む、ディスクドライブを組立てるステップと、サーボ基準パターンをトランスデューサヘッドを介してディスクから読取るステップと、パターン中のヘッド位置情報およびタイミング位置情報を用いてデータトランスデューサをディスク記憶面の同心トラック場所に正確に位置付けかつ維持するステップと、ディスクドライブサーボパターン特徴に従ってデータトランスデューサでディスクドライブサーボパターンを記憶面の同心トラック場所にセルフ書込するステップとを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクドライブのセルフサーボ書込を行なうための方法であって、

(a) サーボ基準パターンを磁気プリンティングによってディスクの少なくとも1つの記憶面に転写するステップを含み、この結果生じるプリント基準パターンは、

(1) トランスデューサヘッドの円周方向相対位置情報を提供するサーボクロック情報と、

(2) トランスデューサヘッドの粗の半径方向相対位置情報を提供する粗位置情報およびトランスデューサヘッドの密の半径方向相対位置情報を提供する密位置情報を含むサーボ位置情報とを含み、

プリント基準パターンは、ディスクドライブに含まれるデータトランスデューサヘッドのヘッドギャップ幅に比例する特徴を含むディスクドライブサーボパターンより低い解像度を有し、前記方法はさらに、

(b) ディスクをディスクドライブ内に取付けるステップ、ならびにディスクおよびデータトランスデューサを、不変の周囲環境からの粒子汚染を防ぐように封止されたハウジング内に密閉するステップを含む、ディスクドライブを組立てるステップと、

(c) トランスデューサヘッドを介してディスクからプリント基準パターンを読取るステップと、

(d) 読取サーボクロックおよびサーボ位置情報を用いて、データトランスデューサをディスク記憶面の同心トラック場所に正確に位置付けおよびそこに維持するステップと、

(e) ディスクドライブサーボパターン特徴に従って、データトランスデューサを用いてディスクドライブサーボパターンを記憶面上の同心トラック場所にセルフ書込するステップとを含む、方法。

【請求項2】 前記クロック情報が、1つ以上の実質的に半径方向のタイミングセグメントを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記サーボ位置情報が斜めセグメントを含み、1つ以上のタイミングセグメントがこの斜めセグメントにより分離されるようになっている、請求項2に記載の方法。

【請求項4】 タイミングセグメント間の斜めセグメントが、複数の実質的に半径方向に間隔をあけた組の斜めセグメントとして分けて構成される、請求項3に記載の方法。

【請求項5】 タイミングセグメント間の斜めセグメントが周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、粗位置情報が周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、密位置情報が抑圧されていない斜めセグメントを含む、請求項3に記載の方法。

【請求項6】 斜めセグメントが実質的に半径方向に間隔をあけられる、請求項5に記載の方法。

【請求項7】 サーボ位置情報が周期的に抑圧されたサ

イクルを有する多周波周期パターンを含み、粗位置情報が周期的に抑圧されたサイクルを含み、密位置情報が抑圧されていないサイクルを含む、請求項2に記載の方法。

【請求項8】 前記基準パターンをプリントするステップが多周波セグメントを転写するステップを含み、前記多周波セグメントはヘッド位置情報を提供する、請求項1に記載の方法。

【請求項9】 (i) 密位置情報が斜めセグメントの密パターンを含み、(ii) 粗位置情報が斜めセグメントの粗パターンを含み、斜めセグメントの粗パターンには斜めセグメントの密パターンが散在しており、(iii) 1つ以上のタイミングセグメントの組は斜めセグメントの前記散在する粗パターンおよび密パターンによって分離される、請求項2に記載の方法。

【請求項10】 前記密パターンの斜めセグメントが互いに対して半径方向に密な間隔をとる、請求項9に記載の方法。

【請求項11】 前記粗パターンの斜めセグメントが互いに対して半径方向に粗の間隔をとる、請求項9に記載の方法。

【請求項12】 ステップ(d)が、粗位置情報を用いてプリント基準パターンの偏心距離を測定し、データトランスデューサを同心データトラックに正確に位置付けかつそこに維持するステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項13】 偏心距離を測定するステップがさらに、密および粗位置情報を用いてプリント基準パターンの偏心を測定するステップを含む、請求項12に記載の方法。

【請求項14】 ステップ(d)がさらに、前記クロック情報および前記プリント基準パターンの測定された偏心距離とともに少なくとも密位置情報を用いてデータトランスデューサを同心データトラックに精確に位置付けかつそこに維持するステップを含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】 回路を用いて、ディスクドライブサーボパターンのセルフ書込前にプリント基準パターンの少なくとも1つの偏心およびタイミング非均一性を相殺するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項16】 サーボ位置情報が斜めセグメントを含み、1つ以上のタイミングセグメントがこの斜めセグメントにより分離されるようになっており、タイミングセグメント間の斜めセグメントは少なくとも2つの円周方向に隣接する組の横断斜めセグメントに分けて構成される、請求項2に記載の方法。

【請求項17】 タイミングセグメント間の斜めセグメントが周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、粗位置情報が周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、密位置情報が抑圧されていない斜めセグメントを含む、請

4

に含む、請求項21に記載の方法。

【請求項 23】 ディスクドライブエレクトロニクスを用いて、ディスクドライブサーボパターンのセルフ書込前にプリント基準パターンの偏心を相殺するステップをさらに含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 24】 ディスクドライブが複数のディスクおよび記憶面を含み、組立てるステップが第 1 のディスクとともに複数のディスクを取付けるステップを含み、ディスクドライブサーボパターンをセルフ書込するステップがプリント基準パターンの支援によりディスクドライブサーボパターンを複数のディスクの記憶面上に書込むステップを含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 25】 クロック情報が 1 つ以上の実質的に半径方向のタイミングセグメントのパターンを含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 26】 (i) 密位置情報が斜めセグメントの密パターンを含み、(ii) 粗位置情報が斜めセグメントの粗パターンを含み、斜めセグメントの粗パターンには斜めセグメントの密パターンが散在しており (iii) 1 つ以上のタイミングセグメントの組が斜めセグメントの前記散在する粗および密パターンにより分離される、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】 1つ以上のトランスデューサヘッド、第1のディスクおよび1つ以上の回転ディスク媒体を含む、ディスクドライブのセルフサーボ書込において用いるための埋込基準パターンであって、前記基準パターンは、磁気プリンティングによって第1のディスクの記憶面に転写されてプリント基準パターンを生じ、前記基準パターンは、

(a) トランスデューサヘッドの円周方向相対位置情報を提供するサーボクロック情報と、

(b) トランスデューサヘッドの粗の半径方向相対位置情報を提供する粗位置情報および、トランスデューサヘッドの密の半径方向相対位置情報を提供する密位置情報を含むサーボ位置情報とを含み、

前記基準パターンは、ディスクドライブに含まれるデータ転送デューサヘッドのヘッドギャップ幅に比例するディスクドライブサーボパターン特徴より低い解像度を有し、

それによって、セルフサーボ書込動作中に、プリント基準パターンをトランスデューサヘッドを介して読取ることができ、サーボクロック情報およびサーボ位置情報を用いてデータトランスデューサをディスク記憶面の同心トラック場所に精確に位置付けかつそこに維持し、ディスクドライブサーボパターン特徴に従って、トランスデューサを用いてディスクドライブサーボパターンを記憶面の同心トラック場所にセルフ書込できるようにする、基準パターン。

【請求項 28】 サーボクロック情報が実質的に半径方向の分離されたタイミングセグメントを含み、

サーボ位置情報が斜めセグメントを含み、前記タイミングセグメントがこの斜めセグメントにより分離されている、請求項 2 7 に記載の基準パターン。

【請求項 2 9】 隣接するタイミングセグメントの各対の間の斜めセグメントが周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、粗位置情報が周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、密位置情報が抑圧されていない斜めセグメントを含む、請求項 2 8 に記載の基準パターン。

【請求項 3 0】 隣接する斜めセグメントが実質的に半径方向に間隔をあけられる、請求項 2 9 に記載の基準パターン。

【請求項 3 1】 サーボ位置情報が、周期的に抑圧されたサイクルを有する多周波数周期パターンを含み、粗位置情報が、周期的に抑圧されたサイクルを含み、密位置情報が、周期的に抑圧されていないサイクルを含む、請求項 2 7 に記載の基準パターン。

【請求項 3 2】 (i) サーボクロック情報が実質的に半径方向のタイミングセグメントを含み、(ii) 密位置情報が斜めセグメントの密パターンを含み、(iii) 粗位置情報が斜めセグメントの粗パターンを含み、斜めセグメントの粗パターンには斜めセグメントの密パターンが散在しており、(iv) タイミングセグメントはサーボ位置情報によって分離されている、請求項 2 7 に記載の基準パターン。

【請求項 3 3】 前記密パターンの斜めセグメントが互いに対して半径方向に密な間隔をとる、請求項 3 2 に記載の基準パターン。

【請求項 3 4】 前記粗パターンの斜めセグメントが互いに対して半径方向に粗の間隔をとる、請求項 3 2 に記載の基準パターン。

【請求項 3 5】 少なくとも粗位置情報が、プリント基準パターンの偏心距離を測定するために用いられ得る、請求項 2 7 に記載の基準パターン。

【請求項 3 6】 前記クロック情報および前記プリント基準パターンの測定された偏心距離とともに密位置情報を用いて、データトランスデューサを同心データトラックに精確に位置付けかつそこに維持し得る、請求項 3 5 に記載の基準パターン。

【請求項 3 7】 (i) サーボクロック情報が実質的に半径方向のタイミングセグメントを含み、(ii) サーボ位置情報が斜めセグメントを含み、タイミングセグメントは斜めセグメントによって分離されるようになっており、隣接するタイミングセグメントの各対の間の斜めセグメントが、少なくとも 2 つの円周方向に隣接する組の横断斜めセグメントとして分けて構成される、請求項 2 7 に記載の基準パターン。

【請求項 3 8】 隣接するタイミングセグメントの各対の間の斜めセグメントが周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、粗位置情報が周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、密位置情報が抑圧されていない斜めセグ

メントを含む、請求項 3 7 に記載の基準パターン。

【請求項 3 9】 斜めセグメントが半径方向に間隔をとられる、請求項 3 8 に記載の基準パターン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広義にはデータディスク記憶装置にサーボセクタパターンを書込むための方法に関し、より具体的には、データディスクの面上の基準パターンを用いてデータディスク記憶装置にサーボセクタサーボパターンのセルフサーボ書き込みを行なう方法に関する。

【0002】

【発明の背景】多くの処理システムおよび計算システムにおいて、ディスクドライブなどの磁気データ記憶装置が、データを記憶するために用いられる。典型的なディスクドライブは、データ記憶面を有する 1 つ以上のデータディスクを回転させるためのロータを備えるスピンドルモータと、トランスデューサ（リード／ライト）ヘッドを支持するヘッドキャリアアームをデータディスクにわたって半径方向に動かし、データディスク上の同心のデータトラックヘデータを書き込みまたはそこからデータを読取るアクチュエータとを含む。

【0003】通常、磁気トランスデューサヘッドは、エアベアリングを介して浮遊するスライダによって各データ記憶面に非常に近接して位置付けられる。滑らかなディスク面とこのスライダとの間の典型的なクリアランスは、約 1 マイクロインチまたはそれ以下である。このようにヘッドがディスク面に近接していることにより、非常に高い解像度のデータおよびサーボパターンをディスク面に記録することが可能になる。サーボパターンは、典型的には、サーボセクタとインタリーブされたデータセクタまたはブロックとが均一な角度間隔で書込まれる。サーボパターンの一例として、円周方向に連続し、半径の方向に互い違いにされた単一周波数のバーストが挙げられる。サーボパターンは、ディスクドライブにヘッド位置情報を与えて、ロータリボイス・コイルポジションなどのアクチュエータを使用可能にし、ランダムアクセス・トラックシーク動作中、ヘッドを開始トラックから終点トラックまで動かす。さらにサーボパターンは、ディスクドライブにヘッド位置情報を与えてアクチュエータを使用可能にすることにより、トラック追従動作中にヘッドがトラックの中心線とうまく一致するようヘッドを位置付け、かつそこに維持する。このトラック追従動作中に、ユーザデータが、ディスク面の同心データトラックにおける利用可能なデータブロック記憶領域へ書込まれ、またはその領域から読み取られる。

【0004】現在用いられているデータトランスデューサヘッドは二要素を採用している。データトラック中に情報を書込むためには、比較的広い記録ギャップを有する誘導性書込要素が用いられ、データトラックから情報

を読み取るためには、比較的狭い再生ギャップを有する「大型磁気抵抗センサ」などの読取要素が用いられる。この構成により、たとえば1インチ当り30,000トラック以上のデータトラック密度が可能になる。

【0005】従来、サーボパターンは、周囲からの微粒子汚染を防ぐためにハードディスクユニットが封止される前に、ドライブの組立工程のある点において、サーボライタを用いて各ディスクのサーボセクタ中に書込まれる。サーボライタは複雑かつ高価な製造ユニットであり、望ましくない振動を最小にするために典型的には大きな花崗岩基材に固定されており、また精確な位置測定のためにたとえばレーザ干渉法を採用している。このサーボライタは典型的にはヘッドアームへの直接の機械的アクセスを必要とし、クロックトラックをディスク面に書込むための固定ヘッドを含む。

【0006】各ディスクドライブユニットのハードディスクアセンブリの内部に直接アクセスする必要があるので、サーボライタは、典型的には、空気から不純物を取除いた「クリーンルーム」内に位置付けられる。この不純物は、取除かなければ、サーボ書込処理を含む動作または製造後の通常の使用において妨げとなるおそれのあるものである。さらに、このような従来のサーボ書込法は非常に時間のかかるものである。一例では、2個のディスク（4つのデータ記憶面）を有するディスクドライブは、サーボ書込の間に、1つのトラック上をトランスデューサヘッドがサーボライタで制御されて3回通過しなければならず、13.2分もの総サーボ書込時間を費やし得る。したがって、クリーンルーム内でサーボライタを用いるサーボ書込には、サーボライタのボトルネックが原因で、製造工程においてかなりの資本投資および非常に不利な時間的條件がともに必要となる。さらに、ハードディスク設計の進歩に伴ってトラック密度が増加するにつれて、サーボライタは時代遅れとなるので、かなりの額を投資して取換えたりまたはグレードアップしたりしなければならない。

【0007】上述の欠点を改善するために、ブリアセンブリ動作中にマスタディスクの一面に完全解像度でマスタパターンのサーボ書込を行なう試みがなされる。この後、マスタパターンが書込まれたマスタディスクは、他のブランクディスクとともにディスクドライブユニット内に取付けられる。ディスクドライブユニットが周囲に対して封止された後、マスタディスクのマスタサーボパターンは、密閉したユニット内の各データ面に埋込セクタサーボパターンのセルフ書込を行なう際に、ディスクユニットによって基準として用いられる。最後に、このマスタパターンは消去され、ディスクドライブユニットには、元々マスタパターンが書込まれていた面を含むすべての面に埋込サーボセクタパターンが適切に位置付けられたものが残ることになる。このサーボ書込方法の一例は、ミネ (Mine) 他による「ディスク記憶装置のため

のサーボパターン書込方法 (Servo Pattern Writing Method for a Disk Storage Device)」と題された米国特許第5,012,363号に記載される。しかしながら、このような方法の欠点は、セルフサーボ書込動作中に特定の繰返し可能なランアウト情報を取除かなければならないことである。このような方法の別の欠点は、マスタパターンをマスタディスクに書込むために、なおも高価なサーボライタを多数必要とすることである。

【0008】このようなサーボライタの必要性を排除するセルフサーボ書込方法が、スウェーデン (Svea ringen) 他による「ディスクドライブのセルフサーボ書込のためのシステム (System for Self-Servo writing a Disk Drive)」と題された同一の譲受人の米国特許第5,668,679号に記載されており、この開示をここに引用により援用する。この方法は本質的に、複数の記録面を有するディスクドライブの第1のディスク面の外径 (OD) 記録領域にクロックトラックを書込むステップと、ODから内径 (ID) 記録領域への開ループシークを調整して繰返し可能なシークプロファイルを作り出すステップと、ODからIDへの複数の高周波スパイラルトラック (各スパイラルトラックは埋込 (たとえば欠落ビット) タイミング情報を含む) を記録するステップとを含む。そして、スパイラルトラックにより与えられたピークデータおよび欠落ビットデータは再読込される。電圧制御発振器がタイミング情報にロックされ、ディスクの角度位置が追跡される。ヘッドがその後ODからIDへ半径方向に動かされるにつれて、タイミング情報はシフトしないが、検出されたスパイラルピークは始点 (インデックス) マークに対して時間とともにシフトする。それから、読取スパイラルと書込サーボセクタ (ウェッジ) とを複合せることにより、埋込サーボセクタがデータ記憶面にわたって精確に書込まれ得る。ウェッジの完全性が確認された後、スパイラルは消去される (ユーザデータで上書きされる)。この方法は一応満足できるものではあるが、第1のディスク面に正確なクロックパターンを生成しかつ記録することにおいて、まだ改善の余地がある。さらに、第1のディスク面にマスタ位置パターンを作り出すのに要する時間が長すぎるともいえる。

【0009】したがって、セルフサーボ書込時間を減じ、より簡単に実施でき、かつサーボライタを必要としない、ディスクドライブにおける改良されたセルフサーボ書込方法が要求される。

【0010】

【発明の概要】本発明はこれらの要求を満たす。一局面では、本発明は、サーボ基準パターンをディスクの少なくとも1つの記憶面に転写することにより、ディスクドライブのセルフサーボ書込を行なう方法を提供する。このサーボ基準パターンは磁気プリンティングにより記憶面上に転写され、それによって生じるプリント基準パタ

ーンは、トランスデューサヘッドの円周方向の相対位置情報を提供するサーボクロック情報と、サーボ位置情報とを含む。このサーボ位置情報は、トランスデューサヘッドの粗い半径方向の相対位置情報を提供する粗位置情報と、トランスデューサヘッドの密な半径方向の相対位置情報を提供する密位置情報とを含む。このプリント基準パターンは、ディスクドライブに含まれるデータトランスデューサヘッドのヘッドギャップ幅に比例するディスクドライブ・サーボパターン特徴よりも低い解像度を有する。このディスクドライブは、ディスクドライブ内へのディスクの取り付けと、ディスクおよびデータトランスデューサハウジング内への密閉とを含んで、組立てられる。

【0011】その後、セルフサーボ書込処理において、プリント基準パターンはトランスデューサヘッドを介してディスクから読取られ、読取サーボクロックおよびサーボ位置情報は、データトランスデューサを1つ以上のディスクのディスク記憶面の同心トラック場所に精確に位置づけかつそこに維持するために用いられる。サーボパターンは、上述のディスクドライブ最終サーボパターン特徴に従って、データトランスデューサで、記憶面上の同心トラック場所にセルフ書込される。

【0012】一例では、クロック情報は1つ以上の実質的に半径方向に延びるタイミングセグメントのパターンを含み、サーボ位置情報は斜めセグメントを含み、1つ以上のタイミングセグメントの組がこれらの斜めセグメントにより分離されるようになっている。ある例では、タイミングセグメントの間の斜めセグメントは周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、粗位置情報は周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、さらに密位置情報は抑圧されていない斜めセグメントを含む。このように、密位置情報は斜めセグメントの密パターンを含み、粗位置情報は斜めセグメントの粗パターンを含み、斜めセグメントの粗パターンの間に斜めセグメントの密パターンが散在しており、1つ以上のタイミングセグメントの組は、上記の斜めセグメントの散在した粗パターンおよび密パターンによって分離されている。

【0013】別の例では、サーボ位置情報は斜めセグメントを含み、1つ以上のタイミングセグメントの組がこれらの斜めセグメントによって分離されており、タイミングセグメントの間の斜めセグメントは、少なくとも2つの円周方向に隣接した横断斜めセグメントの組に分けて構成される。タイミングセグメント間の斜めセグメントは周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、ここで、粗位置情報は周期的に抑圧された斜めセグメントを含み、密位置情報は抑圧されていない斜めセグメントを含む。

【0014】ディスクドライブのセルフサーボ書込において、この粗位置情報はプリント基準パターンの偏心の主要成分を測定するために用いられ得る。さらに、密位

置情報は、クロック情報およびプリント基準パターンの粗位置情報とともに、データトランスデューサを同心データトラックに精確に位置づけかつそこに維持するために用いられ得る。

【0015】本発明のこれらおよび他の特徴、局面ならびに利点は、以下の説明、前掲の請求項および添付の図面を参照することにより理解されるであろう。

【0016】

【詳細な説明】一実施例では、本発明は、サーボ基準パターン、およびサーボ基準パターンを用いたディスクドライブにおけるセルフサーボ書込の方法を提供する。サーボ基準パターンは磁気プリンティングによってリファレンスディスクにプリントされており、磁気転移（この磁化方向は円形ディスクトラックの円周方向にほぼ沿っている）を有する磁気セグメントを含む。近接してプリントされた各セグメント間の空間的分離は、ディスクドライブの組立て後にサーボパターンのセルフサーボ書込を行なうためにトランスデューサヘッドが同心の円形ディスクトラック上に位置づけるのに用いられ得る。

【0017】したがって、図1に概略的に示す磁気プリンティングステーション10は、リファレンスディスクとして公知の磁気ディスク16の一面14にサーボ基準パターン12を磁気的にプリントするか、そうでなければ転写する。この磁気プリンティングステーション10はいくつかの公知の磁気転写法のうちの1つを用いることができる。そのような方法の1つは、ディスク16の面14など、ブランクの記憶ディスクに1方向の磁区配向を与えるステップを含む。それから、所望の磁気基準パターンを有するレチクルまたは磁気ダイがディスク16の記憶面14に密接して配置され、ディスク16が面14上の記憶媒体のキュリー温度に近づくまで加熱される。この基準面14は、逆バイアスフィールドおよび、たとえばレチクルまたはダイが確立した基準パターンに従った局所的加熱を用いて、選択的に再磁化される。光学レチクルが用いられる場合には、サーボ基準パターン12に応じて基準パターンをつけた面14の磁区を選択的に磁化するために、たとえば周知の光磁気原理に従って、レーザビームからレチクル開口を通じて強度の局所熱が得られる。ディスク16を損傷または汚染しないように、磁気プリンティング処理中には注意を払わなければならない。必ずしもというわけではないが、磁気プリンティング処理は、ディスク製造工程中に非常に清浄な環境において行なわれるのが好ましい。

【0018】図2を参照して、サーボ基準パターン12がプリントディスク（printed disk）16の記憶面14に与えられた後、ディスク16は、他のブランクディスク18とともにディスクドライブ22のスピンダル20に取り付けられる。このスピンダル20は密閉された（enclosed）ヘッドーディスクアセンブリ（HDA）24内に装着され、スピンダルモータ26によって予め定

められた角速度で回転される。HDA 24には櫛状のヘッドアクチュエータ構造28が含まれ、このヘッドアクチュエータ構造28は、トランスデューサヘッド34および36をそれぞれディスク16の基準面14ならびにディスク16および18のブランク面38の近傍に位置づけるために、たとえば回転ボイスコイルモータ32によって回転されるヘッドアーム30を含む。ディスク16および18ならびにヘッド36および38が設置された後、HDA 24は、望ましくない粒子の汚染を防ぐためにカバーで密閉される。大規模集積回路および他の構成要素を担持するプリント回路基板などのドライブエレクトロニクス・モジュール40は、HDA 24に機械的に取付けられ、かつ好適な相互接続部42によってHDA 24に電氣的に接続されることにより、ディスクドライブ22の組立てを完成する。ディスクドライブ22はその後セルフスキャンチャンバ44内に配置され、かつ好適な電源に接続され、ここで制御およびステータス収集コンピュータ(図示せず)がセルフスキャン手続中にディスクドライブ22に関するデータを収集する。

【0019】本発明の一例では、ドライブエレクトロニクス40における特殊プログラム(たとえばステータス収集コンピュータからダウンロードされたもの)により、ヘッド34が基準パターン12を読み取ることが可能になり、また各ヘッド36が、最終サーボパターン特徴プラン(たとえば図14に示し以下にさらに説明するサーボプランパターン39など)に従って、基準面14を含む各記憶面38上に精確なサーボパターンを書込むことが可能になる。ディスク18の面38のすべてに最終サーボパターンが書込まれた後、基準パターン12は、セルフスキャンステーション44において上書きされるか、または後にディスクドライブ22がデータ記憶および再生動作のためにユーザのコンピュータ環境に取付けられるときにユーザデータにより上書きされる。

【0020】図3(A)を参照して、ディスクドライブ22がバス23を介してコンピュータシステム25に接続されて示される。一例では、コンピュータシステム25は上述のステータス収集コンピュータを含み得る。ディスクドライブ22はHDA 24およびドライブエレクトロニクス40を含む。HDA 24は少なくとも1つの磁気記憶ディスク18を回転させるためのスピンドルモータ26と、データ記憶ディスク16および18からそれぞれデータを読み取りまたそこにデータを書込むようにトランスデューサアセンブリ34/36を位置づけるためのアクチュエータモータ32を有するアクチュエータアセンブリ30とを含む。ドライブエレクトロニクス40は、典型的にはディスクドライブ22のサーボ制御に関わるマイクロプロセッサ15と、システムバス23を介したコンピュータシステム25とのデータフロー通信を主に制御し、かつディスクドライブ22の部品も制御する、制御プロセッサ27を含む制御ユニットまたはコ

ントローラ17と、トランスデューサアセンブリ34により読取られた信号を増幅するプリアンプ19と、プリアンプ19とコンピュータシステム25とマイクロプロセッサ15と制御ユニット17との間で転送されるデータを処理するためのチャンネルチップ21とを含む。

【0021】チャンネルチップ21を簡略化したものを図3(B)に示す。図示したように、このチャンネルチップ21はプリアンプ19からの増幅信号を受ける。チャンネルチップ21は、ディスク18から読取った信号をデジタル方式でサンプリングするためのプリアンプ19に結合されたサンプリングデジタル検出器29を含む。このチャンネルチップ21において採用されるサンプリングデジタル検出器29は、たとえばビタビ検出器、DFE(デジション・フィードバック・イコライザ)、PR4(部分応答モード4)、EPR4(拡張部分応答モード4)または他の公知のデジタル検出器などの、何らかの形式のデジタル検出器として動作するように構築され得る。高調波センサ31は、サンプリングデジタル検出器29からデジタルサンプルを受けるよう結合される。高調波センサ31はこのデジタルサンプルを処理し、読取った信号のスペクトル内容を計算するのに用いられる測定値を出す。チャンネルチップ21は、制御ユニット17を介してマイクロプロセッサ15にこの高調波センサ31の測定値を与える。マイクロプロセッサ15は、浮動小数点演算、整数演算、変換などを行なう能力を有する従来の集積回路プロセッサであり得る。上記の構成要素を含むディスクドライブエレクトロニクスの一例は、米国特許第5,784,296号に詳細に記載されており、これをここに引用により援用する。

【0022】図4を参照して、プリント基準パターン12の例が概略的に示される。磁気プリンティングは、一般にディスク16の半径方向に長い寸法を有する比較的長い円周方向に磁化された領域または帯を磁化することにより、最も効果的に達成される。円周方向に連続する帯は、転移を生じる逆方向/横断方向に磁化される。これらの転移により生じるフリンジ電界は、周知の方法に従って読取動作中に回復された信号を供給する。長縁における転移は比較的まっすぐであり、帯の端部近傍の領域と比べて少ないノイズで、通過するヘッド34によって読取られ得る。この長縁の転移は、通常、円周方向のトラックの軌跡まわりのヘッド34の進路に対して横断するように整列される。図4は、100のスポーク11を含むプリント基準パターン12の一例を示し、各スポーク11は、ヘッド34に相対円周方向位置情報および半径方向位置情報を提供する、サーボクロック情報を含む。基準パターン12は垂直/水平の目盛りで示されており、直径約9.5mmである。この基準パターン12については、ディスク16の直径に基づいて、他の特徴および直径も可能である。

【0023】図5(A)は、サーボクロック情報43の

一実施例およびサーボ位置情報45の一実施例を含む、スプーク11の一例(図4)の一部分を拡大した概略平面図である。サーボクロック情報43は、実質的に半径方向の等時間隔タイミングセグメント50のパターンを含む。サーボ位置情報45は、トランスデューサヘッドの粗い半径方向相対位置情報を提供する粗位置情報47と、トランスデューサヘッドの密な半径方向相対位置情報を提供する密位置情報49とを含む。

【0024】一例では、粗位置情報47は半径方向に間隔をあけた斜めセグメント51の粗パターンを含み、密位置情報49は半径方向に間隔をあけた斜めセグメント52の密パターンを含む。粗い斜めセグメント51の間に密な斜めセグメント52が散在する。1つ以上のタイミングセグメント50の組は、散在した斜めセグメント51および52によって分離される。タイミングセグメント50に対してセグメント51および52を斜めにすることにより、相対的な粗および密の半径方向位置情報を提供する繰返し基準パターン12が得られる。この例では、1つ以上のタイミングセグメント50の組と組の間にある斜めセグメント51および52は、同じ方向に傾斜される。

【0025】図5(B)を参照して、別の例では、粗の斜めセグメント51は、密の斜めセグメント52の間に周期的に抑圧された斜めセグメント(欠落した斜めセグメントとして示す)を含み得る。このように、ディスク16の面14には、周期的に抑圧された斜めセグメント51を含む抑圧されていない斜めセグメント52により分離された、実質的に半径方向のタイミングセグメント50の繰返し基準パターン12がプリントされる。一例では、斜めセグメント51および52は、半径方向のタイ

ミングセグメント50に対して約20度の傾きをつけられる。この傾きは、これより大きくても小さくてもよい。

【0026】図5(A)および(B)を参照して、円周方向に近接した斜めセグメント51は、ある斜めセグメント51が1つ以上の他の斜めセグメント51に対して半径方向に部分的に段々になるように、半径方向に位置をずらされ得る。斜めセグメント51は斜めセグメント49によって分離される。同様に、斜めセグメント52の円周方向に近接した組53の位置を半径方向にずらしてもよく、この場合斜めセグメント52の1組53は斜めセグメント52の別の組53に対して半径方向に部分的に段々にされる。斜めセグメント52の組53は、斜めセグメント49によって分離される。粗の斜めセグメント51は密の斜めセグメント52と同じ幅であり得る。代替的には、粗の斜めセグメント51は密の斜めセグメント52と異なる幅を有し得る。

【0027】図6(A)は、上述のサーボクロック情報43およびサーボ位置情報45の別の実施例を含む、スプーク11の別の例の一部分を拡大した概略平面図であ

る。このサーボ位置情報45は、トランスデューサヘッドの粗の半径方向相対位置情報を提供する粗位置情報47と、トランスデューサヘッドの密の半径方向相対位置情報を提供する密位置情報49とを含む。

【0028】一例では、粗位置情報47は半径方向に間隔をあけた斜めセグメント51の粗パターンを含み、密位置情報49は半径方向に間隔をあけた斜めセグメント52の密パターンを含む。粗の斜めセグメント51の間に密の斜めセグメント52が散在する。1つ以上のタイミングセグメント50の組は、散在した斜めセグメント51および52によって分離される。セグメント51および52をタイミングセグメント50に対して傾けることにより、相対的な粗および密の半径方向位置情報を提供する繰返し基準パターン12が得られる。この例では、1つ以上のタイミングセグメント50の連続する組と組との間の斜めセグメント51および52は、その場所の等時曲線の方

向に対して異なる角度または反対の角度となっている。

【0029】図6(B)を参照して、別の例では、粗の斜めセグメント51は密の斜めセグメント52の間に周期的に抑圧された斜めセグメント(欠落している斜めセグメントとして示す)を含み得る。このように、ディスク16の面14には、周期的に抑圧された斜めセグメント51を含む抑圧されていない斜めセグメント52によって分離された、実質的に半径方向のタイミングセグメント50の繰返し基準パターン12がプリントされる。この例では、斜めセグメント51および52は半径方向のタイミングセグメント50に対して約20度の傾きをつけられる。この傾きは、これより大きくても小さくてもよい。

【0030】図6(A)および(B)を参照して、円周方向に近接した斜めセグメント51は、ある斜めセグメント51が1つ以上の他の斜めセグメント51に対して半径方向に部分的に段々になるように、半径方向に位置をずらされ得る。同様に、斜めセグメント52の円周方向に近接した組53は半径方向に位置をずらされてもよく、斜めセグメント52のある組53は斜めセグメント52の別の組53に対して半径方向に部分的に段々になっている。粗の斜めセグメント51は密の斜めセグメント52と同じ幅であり得る。代替的には、粗の斜めセグメント51の幅は密の斜めセグメント52の幅とは異なり得る。

【0031】密の斜めセグメント52は、一定の磁束ピッチまたは反転周波数で一連の磁束反転パターンとしてプリントされるのが好ましい。図7(A)は、ヘッド34の下を通過する基準パターン12にわたる円周方向のトラック60を表わす。図7(A)では、ヘッド34は、誘導性書込要素35とその書込要素35より幅の狭い磁気抵抗性または巨大磁気抵抗性(GMR)読取要素37を含んで示される。ヘッド34は、ディスクドライ

ブ22内のリファレンスディスク16の回転中にトラック60がヘッド34を過ぎて動くにつれて、タイミングセグメント50、粗（抑圧された）セグメント51、および密の斜めセグメント52の組を通過する。

【0032】斜めセグメント52の大きさ（extent）によって規定されたバンド内のヘッド34の半径方向相対位置は、ヘッド34が1つ以上のタイミングセグメント50の群を通過するのと、1つ以上の斜めセグメント52（または抑圧されたセグメント51）の群がヘッド34に到着するのとの差動時間 Δt を測定することにより、決定され得る。一例では、斜めセグメント52（または抑圧されたセグメント51）の大きさによって規定されるバンド内のヘッド34の半径方向の相対位置は、ヘッド34がタイミングセグメント50の終端62を通過するのと、次の斜めセグメント52（または抑圧されたセグメント51）の先端64がヘッド34に到着するのとの差動時間（図7（A）に Δt で示す）を測定することにより、決定され得る。

【0033】図7（B）は、磁気プリンティング処理によって転写され得る他のタイミング情報および位置情報を表すために図7（A）に示されるセグメント50の一例を拡大したものである。この情報は、円周方向の磁束反転の固定周波数同期パターン66と、サーボアドレスマーク68と、基準パターン12のトラック始点を記すためにタイミングセグメント50のうち予め定められた1つに存在するインデックス磁束反転70と、タイミングセグメントおよび斜めセグメントの組のうち各々の特定の1つを特定するウェッジカウントフィールド72と、近接した斜めセグメント（たとえばセグメント52）の特定の半径方向のバンドを特定するバンドカウンタフィールド74とを含む。図7（C）は、各タイミングセグメント50のフィールド66、68、70、72および74をプリントするのに好適なレチクルまたはガイパターンの一例を示す。

【0034】上記の説明では、基準パターン12に対するヘッド34の半径方向の位置を決定するのに差動時間 Δt が用いられ得る。通常、タイミングセグメント50ならびに斜めセグメント51および52の位相検出を含む他の方法でも、ヘッド34の半径方向の位置をさらに正確に検出することができる。

【0035】図8は、ヘッド34がディスク16にわたって追従する一般に弓形の半径方向の経路を示す。ヘッド34の弧は、ヘッドアーム30の長さ（A）と、回転アクチュエータ28のピボット点とスピンドル20およびリファレンスディスク16の回転軸との間の距離

（C）との関数である。弧の延びは、ディスクの外側半径（ R_o ）とディスクの内側半径（ R_i ）との関数である。

【0036】基準パターン12はプリンティングステーション10によってディスク16の面14に転写される

ので、プリントされた基準パターン12は、繰返し可能なランアウト（RRO）および／またはディスク16がスピンドル20に装着された後のタイミングの非同心性（偏心）を含み得る。この偏心は、ヘッド34下の1つ以上の密の斜めセグメント52の半径方向のシフト量に対応して大きくなることがあり、したがって粗の斜めセグメント51が最初に粗の半径方向位置情報として用いられ、パターン12の大きな偏心を決定する。

【0037】一例では、アクチュエータ28はディスク16の外径（または内径）におけるクラッシュストップヘアーム30を動かし、上述した偏心の測定を開始する。クラッシュストップにおいて、アクチュエータ28はバイアスをかけられてアーム30をクラッシュストップに対抗するよう促し、ヘッド34をクラッシュストップに対して静止位置に保つ。たとえば、図9を参照して、ディスク16が回転すると、基準パターン12はヘッド34の下を通過し、基準パターン12にわたるヘッド34の円周方向のトラック60を規定する。ヘッド34はタイミングセグメント50に対して実質的に垂直に動き、また斜め位置セグメント51および52に対して実質的に横断方向に動く。基準パターン12がヘッド34の下を通過するにつれて、パターン12の偏心により、斜めセグメント51および52はヘッド34の下に入ったり出たりして半径方向にシフトする。特に、斜めセグメント52がヘッド34下に入ったり出たりして半径方向にシフトするにつれて、ヘッド34は、タイミングセグメント50から、さまざまな円周方向の距離で、斜めセグメント52を横切る。同様に、斜めセグメント51がヘッド34下に入ったり出たりして半径方向にシフトするにつれて、ヘッド34は、タイミングセグメント50から、さまざまな円周方向の距離で、抑圧されたセグメント51を横切る。上述の円周方向の距離を変えることにより、タイミングの変動が起こって半径方向の変位における変化を決定し、またしたがってパターン12の偏心を決定する。

【0038】動作においては、ディスク16が最初に回転し始めると、抑圧されたセグメント51が用いられてパターン12に対するヘッド34の半径方向の位置を粗く決定する。ディスクがヘッド34下のクラッシュストップで回転するにつれて、タイミングセグメント50がヘッド34の下を通過すると、タイマ（たとえばディスクエレクトロニクス40内）が始動し、そして抑圧されたセグメント51がヘッド34を通過するとこのタイマは停止し、経過時間 Δt を測定する。このように、このタイミングセグメント50とクラッシュストップでヘッド34下を通過する抑圧されたセグメント51との間の経過時間 Δt が測定される。偏心がない場合は、基準パターン12に対するヘッド34の特定の半径方向位置の各々について、ヘッド34の下を通過するタイミングセグメント50と抑圧されたセグメント51との間の予測

(すなわち予め選択された)経過時間がある。測定された経過時間はクラッシュストップにおける予測経過時間と比較され、そのタイミングセグメント50に対する、クラッシュストップでのヘッド34下の基準パターン12における半径方向のシフト量の大きな測定値を出す。この処理は各タイミングセグメント50について繰返され、ディスク16の1回転におけるタイミングセグメント50すべてについて、基準パターン12の斜めセグメント51の半径方向シフト量の大きな測定値が得られる。上記の各タイミングセグメント50に対するクラッシュストップでのパターン12の半径方向シフト量の大きな測定値はサーボ書込の段階で用いられ、大きな偏心をなくすように、かつ最終サーボパターンの同心円を作り出すように、ヘッド34を位置づける。

【0039】斜めセグメント52は、斜めセグメント52の密な半径方向のシフト量を測定するのに用いられる。たとえば、この偏心が、基準パターン12がヘッド34下で回転するにつれ基準パターン12が半径方向にシフトすることによって1つ以上の斜めセグメント52がヘッド34下で半径方向にシフトするというようなものであれば、斜めセグメント52は、ある斜めセグメント52を別の斜めセグメント52と半径方向に区別し半径方向のシフト量を認識するのに十分な情報を提供しない。これは、このような1つ以上の斜めセグメント52の半径方向のシフトの前後で、タイミングセグメント50から斜めセグメント52までの経過時間は同じであるからである。しかしながら、斜めセグメント52に対して抑圧されたセグメント51の位置づけはよりまばらであるので、1つ以上の斜めセグメント52のヘッド34下での半径方向のシフト量は、タイミングセグメント50から抑圧されたセグメント51までの経過時間が抑圧されたセグメント51の傾斜によりそのような半径方向のシフトの前後で異なることから、認識可能である。このように、抑圧されたセグメント51により、偏心距離が斜めセグメント52の幅より大きい場合でさえも、その偏心距離を測定することが可能になる。

【0040】したがって、斜めセグメント52を用いて、ヘッド34下の1未満の斜めセグメント52の基準パターン12の半径方向シフト量の測定値が出され、それによって密な半径方向シフト情報が提供される。クラッシュストップでディスクがヘッド34下で回転するとき、タイミングセグメント50がヘッド34下を通過するとタイマが始動し、斜めセグメント52がヘッド34下を通過するとこのタイマが停止する。このように、クラッシュストップでヘッド34下を通過するタイミングセグメント50と斜めセグメント52との間の経過時間 Δt が測定される。偏向がない場合、基準パターン12に対するヘッド34の特定の半径方向位置の各々について、ヘッド34下を通過するタイミングセグメント50と斜めセグメント52との間の予測(すなわち予め選択

された)経過時間がある。測定された経過時間はこの予測経過時間と比較され、タイミングセグメント50に対する、クラッシュストップでのヘッド34下のパターン12の斜めセグメント52における半径方向シフト量の密な測定値が得られる。この各タイミングセグメント50に対するクラッシュストップでのパターン12における半径方向シフト量の密な測定は、ディスク16の回転ごとにすべてのタイミングセグメント50に対して行なわれる。

10 【0041】再び図4を参照して、この基準パターン12の例は、ギャップによって分離された100のスポーク11を含む。上述したように、各スポーク11は1つ以上のタイミングセグメント50の組と、ディスク16の回転ごとにヘッド34下を通過するセグメント51および52の組を含むサーボ位置情報45とを含む。ヘッド34下を通過する斜めセグメント51および52における半径方向のシフト量を測定することにより、ディスク16上の基準パターン12の偏心距離が示される。この測定値におけるノイズの影響を減じるために、偏心距離はクラッシュストップ位置においてヘッド34下のディスク16の10~100回転について測定されることができ、この測定値は平均化されてノイズが減じられる。

20 【0042】偏心情報はその後サーボ書込処理において用いられ、ディスク18上に最終サーボパターン39を書込む際の偏心が排除される。具体的には、サーボ書込の段階において、各タイミングセグメント50ごとの密な半径方向シフト量の測定とともに粗な半径方向シフト量測定が用いられ、ヘッド36を操作してタイミングセグメント50における偏心を修正し、また最終サーボパターンを書込むときにディスク18上に同心の円形トラックを生成する。この粗および密な半径方向シフト量測定値は、サーボパターンの最終の同心円をディスク18上に書込むようヘッド36を正確に位置づけるための、タイミングセグメント50に関する精密な半径方向情報を提供する。ディスクドライブエレクトロニクス40は、チャンネルチップ(図3(A)および(B))と、リファレンスディスクパターンからのRROエラーを修正するためにアルゴリズム中で用いられ得る、たとえば離散フーリエ変換(たとえば米国特許第5,784,296号に記載されたものであり、ここに引用により援用する)を実行するためのルーチンとを含む、デジタル処理回路を含む。たとえば、「ESPER-2 ハードディスクドライブ・サーボライタのアーキテクチャおよび性能(Architecture and Performance of the ESPER-2 Hard-Disk Drive Servo Writer)」と題されたヒロユキ・オノ(HiroYukiOno)による技術文献(IBM J. Res. Develop. Vol.37, No.1, 1993年1月、3~11頁)には、ディスクドライブ・サーボライタにおけるRROの除去法が記載される。

【0043】図10は、図1のプリンティングステーションで基準パターンをつけられたディスク16上にプリントされた図4の基準パターン12のスポーク11の別の実施例の内側半径における一部分を大きく拡大した図である。この例では、サーボ位置情報45は、斜めセグメント52を含む密位置情報49と斜め（抑圧された）セグメント51を含む粗位置情報47とを含み、これらは1つ以上のタイミングセグメント50の組と組との間で横断斜めセグメント51および52の2つの円周方向に隣接する群76に分けて編成される。各群76は、

（図6（B）の例にも示すように）複数の抑圧されたセグメント51によって間隔をとられた複数の斜めセグメント52を含む。

【0044】図10では、横断方向の隣接する群76中の斜めセグメント51および52は「ジグザグ（Zig-Zag）」パターン（山形）を形成する。斜めセグメント52には周期的に抑圧された斜めセグメント51が散在しており、抑圧された斜めセグメント51が粗の半径方向位置情報を提供し、斜めセグメント52が密の半径方向位置情報を提供するようにになっている。タイミングセグメント50の各対の間の2つの横断方向の群76における抑圧されたセグメント51は、半径方向にオフセットされ得る。さらに、横断方向の斜めセグメント52（および横断方向の抑圧セグメント51）の間の角度はディスク16の中心から外周に向けて変化してもよく、または同じものを保つてもよい。たとえば、横断方向セグメント52（および51）間の角度はディスクの中心（たとえば約20度）からディスク16の外周（たとえば約40度）に向けて増加し得る。

【0045】セグメント51および52の横断方向のジオメトリにより、上述のようにヘッド34についての非常に詳細な相対的半径方向および円周方向の位置情報が提供される。ヘッド34の読取トラック60に沿った各セグメント51または52への、またはタイミングセグメント50からの上記差動時間が、半径方向位置情報を提供する。これらの差動時間は、基準パターン12に対するヘッド34の半径方向位置を決定するのに用いられ得る。

【0046】ディスク16がヘッド34下で回転するとき、ヘッド34が横断方向セグメント45に対して半径方向に動く場合、各斜めセグメント45への上記差動時間 Δt は変化し、ディスク16の中心へ向かうのまたは中心から離れるヘッド34の動き方向の検出が可能になる。上述の差動時間 Δt の変化が、横断斜めセグメント52間の距離が横断斜めセグメント52の先行する対に関する同様の測定値から減少した半径方向位置においてヘッド34が横断斜めセグメント52の対を横切ったということを示す場合、ヘッド34は、その先行する測定以後、ディスク16の中心へ向けて半径方向に内側に動いたということである。上述の距離が増加した場合は、

ヘッド34は、その先行の測定以後ディスク16の中心から半径方向に外側に動いたことになる。そして、この距離が同じに保たれている場合、ヘッド34は先行の測定以後、ディスク16の中心に対して半径方向に動いていない。上述の測定は横断抑圧セグメント51に対して行なうことができ、これにより、ヘッド34のより大きな（たとえば1つの斜めセグメント52の幅より大きな）半径方向の動きが測定され得る。このように、基準パターン12の偏心距離が測定でき、ヘッド36はディスクドライブエレクトロニクス40を用いて操作されて上述の偏心またはタイミング非均一性を取除き、かつディスク18上の同心円形トラックに最終サーボパターン（たとえばサーボパターン39）を書込むことができる。

【0047】一実施例では、逆方向／横断方向斜めセグメント52（または逆方向に傾斜した／横断方向の抑圧されたセグメント51）の2対の各々間の位相角（すなわち位相差）により、ヘッド34がそれらの上を横切るにつれ、ヘッド34の半径方向位置、および上記に詳述した先行の測定からの基準パターン12に対するヘッド34の半径方向の動きが測定される。位相シフトは、ヘッド34の半径方向の動きの方向および量を示す。この位相角はヘッド34の半径方向の動きの関数として変化し、（i）斜めセグメント52の横断方向の対の間の上記距離がヘッド34の半径方向に内向きの動きにより減少すると位相角が減少し、（ii）斜めセグメント52の横断方向の対の間の上記距離がヘッド34の半径方向に外向きの動きにより増加すると位相角は増加し、（iii）ヘッド34が半径方向に動かない場合は位相角は同じものを保つ。このように、ディスク16の中心からの半径方向の距離を同じに保つためには、一定の位相角を維持すべきである。同様に、横断方向／逆方向の斜め抑圧セグメント51の対の間の位相角は、ヘッド34のより大きな（たとえば1つの斜めセグメント52の幅より大きな）半径方向の動きを決定するのに用いられ得る。このように、基準パターン12の偏心距離を測定することができ、ヘッド36はディスクドライブエレクトロニクスを用いて操作されて上記偏心またはタイミング非均一性を取除き、また同心円形トラックに最終サーボパターン39を書込むことができる。

【0048】図10を参照して、図示されたパターン12のセグメントはディスク16の内側半径の近傍に位置づけられ、漸進的に、プリアンブルセグメントと、サーボアドレスマーク（SAM）セグメントと、タイミングセグメント50を含む第1のクロック情報43、Aタイミングと、抑圧セグメントおよび斜めセグメント51および52を含む第1の対の横断群76、BジグおよびCザグと、第2のタイミングセグメント50、Dタイミングと、抑圧および斜めセグメント51および52を含む第2の対の横断群76、EジグおよびFザグとを含む。

この例では、抑圧セグメント51の周期性は、19個の斜めセグメント52ごとに1つの抑圧セグメント51があるようになっている。斜めセグメントに対して他の周期性を用いることも可能である。さらに、本発明の別の実施例では、抑圧セグメント51は不規則で周期性を持たないものであり得る。ヘッド34は、タイミングストライプ50に対して実質的に垂直な読取トラック60上のパターン12の上を、プリアンプルセグメントからEジグザグ横断群76へ動く。横断斜め位置セグメント52はディスク16の半径に対して逆方向に傾斜しており、上述したように抑圧セグメント51を含む。図10に示す基準パターン12の例においてセグメント51および52の2つの横断群76を用いることにより、角を形成する (angular) 斜めセグメント52および角を形成する抑圧セグメント51にわたる半径方向位置情報が提供され、また図6 (A) に示す基準パターン12の例と比べて、ヘッド34の半径方向位置における変化の検出および測定之感度が増加する (たとえば2倍になる)。さらに、この横断群76は、スピンドルモータ制御におけるタイミングエラーを相殺することにより、ディスク16の回転速度の変動による測定エラーを修正する。

【0049】プリアンプルに対してセットされる基準クロックに対して、Aタイミング、BジグおよびCザグなどによって指定されるセグメントのバーストまたは群の各々の遅延を表わす位相角を得るために、フーリエ変換演算が用いられ得る。上記の位相角により、ヘッド36を用いてたとえば最終サーボパターン39をディスク18に書き込むためにディスクドライブエレクトロニクス40における位置およびタイミング情報が提供される。

【0050】動作の一例では、ヘッド34は読取トラック60を辿って、Aタイミングセグメント50を横切り、その後BザグおよびCザグ横断群76にわたって漸進的に動く。BザグおよびCザグ横断群76を横切る際に、ヘッド34がBジグ群76中の第1の抑圧セグメント51上を横切り、その後第1の抑圧セグメントに対して逆の角度でCザグ群76中の第2の抑圧セグメント51を横切る。ヘッド34がAタイミングセグメント50とBジグおよびCザグ横断群76との上を横切るときに、Aタイミングセグメント50からBジグおよびCザグ群76の第1および第2の抑圧セグメント51の各々までの経過時間が測定され、これはたとえばB・ベーカー (B. Baker) およびJ・フィッツパトリック (J. Fitzpatrick) による「ディスク記録システムにおけるスペクトル分析のための方法および装置 (Method and apparatus for spectral analysis in a disk recording system)」と題された米国特許第5,784,296号に記載されたようなフーリエ変換による位相計算によって測定され、この開示をここに引用により援用する。

【0051】上述の経過時間により、Aタイミングセグ

メント50からの2つの異なる遅延時間インターバルが得られ、これらはヘッド34の半径方向位置の変化を検査および検証するのに用いられる。上述したように、基準パターン12に対するヘッド34の特定の半径位置については、抑圧セグメント51と、Aタイミングのタイミングセグメント50などの隣接するタイミングセグメント50との間の予め選択された予測遅延がある。ヘッド34下を通過するセグメント51および52の観察されたジオメトリと予測されたものとをあるタイミングセグメント50に関して比較すると、そのタイミングセグメント50に対応するヘッド34の半径方向の位置におけるシフト量が決定され得る。ヘッド34がパターン12の上を横切ると、タイミングセグメント50を横切ると抑圧セグメント51を横切るとの間の測定された遅延はタイミングセグメント50に沿った粗の半径方向位置へ変換される。

【0052】図12を参照して、線 (trace) 3は、ヘッド34が上記読取トラック60に沿って図10の基準パターン12の上を横切るときに、ヘッド34中に誘導された信号に対する左から右への代表的な波形 (たとえばMoray (登録商標) チャネルチップなどのチャネルチップ21からのデジタル化サンプル) を表わす。線3の波形は、プリアンプルおよびSAMセグメントからヘッド34に誘導された信号を示し、左から始まる。線4は、ドライブエレクトロニクス40におけるチャネルチップ21からの出力信号を表わし、ヘッド34下を通過したプリアンプルおよびSAMセグメントの終わりを記す第1のパルス78を含む。パルス78はすべてのタイミング測定について基準点として用いられ得る。チャネルチップ21はプリアンプルの周波数および位相に同期したクロックを含み、ここではすべての出力が上記クロックに関連するものである。SAMが得られるクロックサイクルは便利な基準場所であるが、ある整数のクロックサイクルによって他の便利な基準場所 (たとえばAタイミングバースト50の始点など) にシフトされてもよい。パルス78は、Aタイミングセグメント50によって誘導された信号に対応する線3の波形セグメント81の始点を記す。それから線4では、パルス80が、Aタイミングのタイミングセグメント50におけるバーストフィールドのコサインおよびサイン情報の部分を示す。

【0053】線1および線2はチャネルチップ21への論理制御信号 (たとえばコマンド) を示す。上記論理制御信号によりチャネルチップ21がその中のクロックとプリアンプルとを同期できるようになる。SAMが得られた後、ヘッド34はSAMに続くデジタルデータを読取る。読取られたビットの部分は線4に示す出力である。その後、線2の制御信号が下げられ (たとえばデジタル0)、また上げられて (たとえばデジタル1)、Bジグバーストの第1の部分についてのパルス82などの

各パルスによって広げられた (spanned) データの離散フーリエ変換 (DFT) を可能にする。細い／狭いパルス窓 98 は、E ジグバーストの 1 サイクルの読取を示す。

【0054】線 2 は、SAM およびグレイコード化されたデータ (Gray Coded Data) の復号化を可能にするための制御信号を含む。この線 2 中の制御信号は下降し (たとえばデジタル 0)、後に上昇して (たとえばデジタル 1)、A、B および C タイミングバーストの対応部分 (約 3 分の 1) の DFT を可能にする。線 2 中のパルス 82 は、B ジグ群 76 の斜めセグメント 52 によって誘導された信号を示す線 3 中の波形セグメント 83 の DFT を可能にする。線 3 中のノッチ 84 は、B ジグ群 76 における第 1 の抑圧セグメント 51 による信号変化を示す。

【0055】線 3 中の波形セグメント 85 は、上記抑圧セグメント 53 の後の B ジグ群 76 中の残りの斜めセグメント 52 によって誘導された信号を示す。線 3 のノッチ 87 は、B ジグおよび C ザグ横断群 76 の間の半径ギャップ 88 による信号の変化を示す。その後、線 3 中の波形セグメント 90 は C ザグ群 76 中の斜めセグメント 52 による信号を示し、その後、C ザグ群 76 中の抑圧セグメント 51 がヘッド 34 下を通過したことを示すノッチ 92 が続く。波形セグメント 94 はその後、抑圧セグメント 51 後の C ザグ群中の斜めセグメント 52 によって誘導された信号を示す。線 3 中の波形セグメント 96 に示す信号の高い振幅は、D タイミングセグメント 50 によるものである。その後、線 3 の波形は、B ジグおよび C ザグ群について述べたものと同様のそれぞれ E ジグおよび F ザグ群による信号に対応する。線 3 中の別のノッチ 89 は E ジグおよび F ザグ横断群 76 の間の半径ギャップ 88 による信号の変化を示す。

【0056】線 2 は斜めセグメントまたはタイミングセグメントの 1 サイクルに対応するタイムインターバルにわたる DFT を可能にする狭いパルス 98 を含む。パルス 98 は、周波数および位相においてプリアンプルと同期する基準クロックに対して遅延され得る。この基準値は SAM として選択され、これはこの目的で用いる一意のパルス群である。パルス 98 は図 13 により詳細に示される。線の水平方向の目盛は、A タイミングセグメント 50 などの任意の点からマイクロ秒の遅延である。ディスクドライブエレクトロニクス 40 におけるファームウェアはこの遅延を制御し、抑圧されたセグメント 51 の位置を突きとめ、粗位置を決定する。線の垂直方向の目盛はヘッド信号の振幅である。図 12 の線 3 は図 10 のパターンによってヘッド 34 に誘導された信号に対応し、図 12 の線 4 は、線 3 中の波形を測定して抑圧セグメント 51 を求めるためのインターバルに対応する。このように、図 12 の線 4 は図 13 の線の窓に対するタイミング制御である。

【0057】図 13 では、ヘッド信号の振幅は約 80 カウントで始まり、タイミング D のタイミングセグメント 96 の後、図 12 の線 3 中のノッチ 102 に対応する信号における 1 ノッチ 100 当たり約 $14.8 \mu s$ となる。図 13 のヘッド信号はこの後、E 軸群 76 中の上記第 1 の抑圧セグメント 51 を示す約 16. $2 \mu s$ のノッチ 104 まで、約 60 カウントまで再び上昇する。その後、ヘッド信号は、E ジグおよび F ザグ横断群 76 の間の半径ギャップ 88 に対応する約 17. $3 \mu s$ のノッチ 106 まで、約 60 カウントまで再び上昇する。このヘッド信号は、ヘッド 34 が F ザグ群 76 の上を横切るときに約 60 カウントまで再び上昇する。図示しないが、この信号は、ヘッド 34 が 16. $2 \mu s$ のノッチ 104 と同様に C ザグ群 76 中の抑圧セグメント 51 の上を横切ると、再び下降した。

【0058】このように、抑圧セグメント 51 は、図 12 の窓 98 と同様、基準パターン 12 によりヘッド 34 に誘導された信号に沿ってタイミング窓を動かし、タイミングセグメント 50 からヘッド 34 が横切った斜めセグメント 52 の数を、誘導されたヘッド信号中のノッチにより示される抑圧セグメント 51 が求められるまで計数することにより、検出され得る。上記の斜めセグメント 52 のカウントは、ヘッド 34 がタイミングセグメント 50 と抑圧セグメント 51 とを横切る間の経過時間を大まかに表わしたものであり、抑圧セグメント 51 の傾斜に基づいて粗位置情報を提供する。抑圧セグメント 51 までの経過時間を用いた、たとえば図 6 (A) の基準パターン 12 の偏心距離を検出するための上述の測定ステップは、クラッシュストップにおける偏心距離およびタイミングの非均一性を決定するために図 10 のパターンに等しく適用可能であり、また後にサーボ書込の際に用いてこの偏心を排除することもできる。

【0059】図 10 の基準パターン 12 では、タイミングバースト A タイミングおよび D タイミングが用いられ、さまざまなノイズ源により誘導されるスピンドルジッタまたは位相ロックループ周波数エラーにより起こるわずかな位相誤差を校正する。プリアンプルと、SAM およびデジタルデータと、A タイミングおよび D タイミングバーストとは、等時曲線に沿って転移して並べられる。好ましくは、A タイミングと D タイミングとのタイミングバースト間の時間インターバルは、1 セグメント 52 および 1 スペース 51 が読取ヘッド 34 の下を通過するのに要する時間の整数倍である。図 10 のすべてのバーストのタイミングを測定するのに用いられるスピンドル速度またはクロック周波数におけるわずかな変化が、A タイミングと D タイミングとの測定された位相差における小さなずれを引起すおそれがある。A タイミング、B ジグ、C ザグおよび D タイミングバーストの粗全体にわたるその位相差の単純な線形の分布を仮定すると、中間バースト B ジグおよび C ザグについて測定され

た位相の有用な修正が予測され得る。

【0060】BジグおよびCザグバースト（ならびにEジグおよびFザグバースト）の構造が周期的であるので、バーストBジグ、Cザグ、EジグおよびFザグの位置全体の位相は、ヘッド34がディスク16の半径に沿ってある斜めセグメント52から次の斜めセグメント52の対応する点まで動くとき1サイクル変化する。基準パターン12が上方方向に動くとき、トラック60に沿った読取サンプルのすべての位相は位置バースト（たとえばBジグ、Cザグ、EジグまたはFザグ）の立上がり端と同量だけシフトされる。この関係は図11に示され、これはディスク16の半径方向およびダウントラック（down track）方向に沿ったヘッド信号の変化の3D「ウォッシュボード（wash board）」波形を示す。一例では、線2（図12のサーボ・ストロブ）の制御信号のレベルを上げることにより規定される測定窓98内にあるすべての位置バーストBジグ、Cザグ、EジグおよびFザグの位相が測定される（たとえば効果的に平均化される）。

【0061】図11は、たとえば図10の斜め位置要素76すなわちBジグ、Cザグ、EジグおよびFザグの集合の一部分の上を飛行するヘッド34に誘導されたヘッド信号の振幅を表わす、面31の概略図である。単一トラックからのヘッド信号はXすなわち時間方向の面による上記面31を介したスライスに対応する。ヘッド34をディスク16の半径に沿って内方向へ動かすことは、スライシング面を ΔR 方向に動かすことに対応する。この例の目的のため、図11におけるユニットは任意であるが、これらの座標の現在の値は10分の1ミクロンのオーダであり得る。

【0062】図11に示すように、ヘッド信号はローパスフィルタにかけられて、高周波ノイズはほとんど除去され、斜めの磁気転移52からのほぼ正弦波の信号31が残される。斜め要素52の1つは抑圧されており（たとえば抑圧セグメント51）、これが1対の転移33または1サイクルの理想的な正弦波31を排除し、図12の線3におけるノッチ84または92に対応する平坦な角をなす帯57をもたらす。この例では、ヘッド信号のほとんどの正弦波部分は、ヘッド34が半径方向に動かされるにつれて約6サイクルにわたって周期的にかつ迅速に繰返される。同時に、平坦なすなわち抑圧された部分57は、Xすなわち時間の値がより大きくなるまで継続して動く。平坦化サイクル57の時間、Xを正弦波の信号/集合の始点（ $X=0$ ）から（または他の何らかの基準事象から）測定することにより、粗いヘッド位置の測定値が得られ、これが最初の半径（ $\Delta R=0$ ）からヘッド34によって横断されたものの数を決定するのに用いられる。これは、X方向に1サイクル長のサンプリング窓を用いて、その窓をその窓内の累積信号がほぼゼロに落ちるまでX方向に動かすことによって、達成され得

る。これが最も近い整数のサイクルを決定する。あるサイクルの密な位置成分または断片は、たとえばフーリエ変換によって正弦波集合にわたる全信号から評価され得る。

【0063】チャンネルチップ21（たとえばLucent（登録商標）コーポレーションによるMorayチャンネルチップなど）をドライブエレクトロニクス40内で用いると、ヘッド34が読取トラック62（図10）に沿って基準パターン12にわたって掃飛するにつれて、ヘッド34からの読取信号の離散サイン・コサイン変換が生成される。離散フーリエ変換により、ヘッド34に対する基準パターン12のディスク16の半径方向に沿った変位についての情報が提供される。ヘッド34の位置についてのatan（sin/cosin）を変換することにより、ヘッド34の位置についての情報が、半径方向に動いたサイクルの角度または断片の形式で得られる。ラジアンで表わされる上記位相角を 2π で除した位置バーストパターン（たとえばBジグ、Cザグ、EジグまたはFザグバースト）の周期に等しい尺度因子で乗算することにより、半径の変化が算出される。

【0064】ヘッド34は、ディスク16の内径から外径へ動かされる間に、たとえば何万サイクルという位置バースト（Bジグ、Cザグ、EジグまたはFザグなどのジグザグバースト）を横断し得る。このように、ヘッド34が基準半径（たとえばクラッシュストップにおけるもの）から横断した総角またはサイクル数が維持される。直角位相のヘッド信号または位置バーストからのサインおよびコサイン成分を用いる補間関数は、複数のサイクルおよびサイクルの断片を追跡するのに用いられ得る。補間法は通常、干渉計、光学エンコーダおよびその他の測定システムにおいて用いられる。

【0065】一旦、基準パターン12の測定値から繰返し可能なランアウトおよび繰返し可能なタイミングエラーが減じられ、ディスクドライブのサーボループがヘッド36の1つを回転しているブランクディスク18の1つの上方の実質的に同心のトラック場所上に位置付けられると、ヘッド36の書込要素35によって規定される比較的密な解像度で最終サーボパターンが書込まれ得る。たとえば、図14において、書込要素35は、同期化のためのデジタルデータ、サーボアドレスマーク、トラック番号およびヘッド番号などを含み、それに続いてたとえばアンカットのバーストフィールドパターンを含む。一例では、最終サーボパターン39は図14に示すサーボパターン位置バーストA、B、CおよびDを含む。各サーボバーストは書込要素35がディスク18を別々に通過し、12の例に対してトラック幅を半分ずらすことを要求する。通常、トラックの数は最終サーボトラックの境界で変わり得る。最終サーボパターンについてはデジタルデータおよび位置バーストの他の多くの組合せが可能であり、それらは、上述したように、基準パ

ターン12から導出される位置およびタイミング情報に基づいてすべてセルフサーボ書込され得る。

【0066】図14では、第1のサーボバースト（サーボバーストAなど）が書込まれた後、ヘッド36はたとえば2分の1データトラックピッチ分進められ、次のサーボバースト（たとえばサーボバーストB）がトラック上に書込まれる。それから、ヘッド36が2分の1トラックピッチ分進められ、第3のサーボバースト（たとえばサーボバーストC）が書込まれる。ヘッド36はその後2分の1トラックピッチ分進められ、第4のサーボバースト（たとえばサーボバーストD）が書込まれる。この他のサーボパターンおよびサーボバーストピッチもまた公知であり、利用可能である。製品の仕様に合せて最後に分解されたデータバーストの書込は、ディスク18のデータ記憶領域の半径方向の延び全体にわたって起こる。あるデータ面に一旦埋込サーボセクタまたはウェッジが書込まれると、次の面も書込まれ得る。高性能の書込チャネルを含むディスクドライブのいくつかにおいて、またはサーボパターンが面から面へと互い違いにされた場合は、複数のディスク面の各々で書込ヘッドを切替えることによって、1回転の間に複数の記憶面にサーボパターンを書込むことが実用的である。

【0067】GMR書込要素37は誘導性書込要素35と比べてかなり狭いので、各トラックのピッチにわたって複数の対のバースト円周端を設けることが必要である。たとえば、サーボバーストAおよびBの隣接する円周端によりあるサーボ場所が設けられ、一方、サーボバーストDおよびEの隣接する円周端により別のサーボ場所が設けられる。サーボバーストBおよびCの隣接する円周端により第3のサーボ場所が設けられる一方、サーボバーストEおよびFの隣接する円周端により第4のサーボ場所が設けられる、などである。

【0068】図15を参照して、図4、5、6および10のパターンに含まれるような斜めセグメント52の詳細が概略的に示される。半径方向における1セグメントおよび1スペースのサイクルは、Bジグ、Cザグ、EジグまたはFザグなどのある位置バーストの位相における 2π ラジアンの変化については、距離 $2 \times h$ に対応する。BジグおよびCザグなどの2つの対向する斜めバーストの位相差は、 2π ラジアン変化するのに、半径距離の半分すなわち h しか必要としない。

【0069】斜めセグメント52は幅 w を有するが、ダウントラック60すなわち円周方向にわずかに長い寸法 L を有する。すべての半径において同じ半径尺度因子を維持することが望ましい場合もある。このとき、半径の間隔 h は一定であるが、 L は局所的な半径に比例しており、角度 α はより大きな半径で増加する。このように、内側半径で線幅 L が最も細くなる。以下の説明では、ディスクの内径（ID）および外径（OD）における寸法およびパラメータに対して下付き文字「i」および

「o」がそれぞれ用いられる。公称内径 R_i の一例は約 $R_i = 21.0 \text{ mm}$ であり、公称外径 R_o は約 $R_o = 46.3 \text{ mm}$ であり得る。図15の「半径」という標示は、等時曲線（たとえば図13のスポーク11）の一般的な方向を示し、その等時曲線と斜めセグメント52との間の角度は α である。このように、 $L = w / \cos \alpha$ である。たとえば $\alpha_i = 20^\circ$ を選択することにより、磁気転移間の円周方向の長さは1ミクロンよりわずかに大きくなる。1回転ごとに転移セルの数を $N = 1200$ の値まで丸めることにより、IDでのセル長さは $L_i = (2\pi R_i / N) = 1.099557 \mu\text{m}$ となる。等時曲線（高さ h ）上で遮られた長さは $h = L / \tan \alpha$ である。上述のように選択されたIDの値から、高さ $h_i = L_i / \tan \alpha_i = 3.021009 \mu\text{m}$ となる。半径方向の変位と位相との間の尺度因子を一定に保つために、高さ h の値はいかなる半径でも同じものが用いられ得る。転移間の時間は一定であるので、セルの長さは半径に比例し、ここで $L = L_i \times R / R_i$ である。ODにおける長さは、 $L_o = L_i \times R_o / R_i = L_i \times 46.3 \text{ mm} / 21.0 \text{ mm} = 2.424261 \mu\text{m}$ である。この結果生じるODの角度は、 $\alpha = \arctan (L_o / h_o) = 38.745908^\circ$ となる。

【0070】この実施例では、パターン12は200のスポーク11を有することができ、スポークの長さの合計は600Lである。スポーク11の成分例は表1に示すとおりである。

【0071】

表1

成分名および機能	長さ(L)
ブリアンブル1	76
SAM1	18
Dig 1 インデックス	2
Dig 2 ウェッジ	2
バーストA同期タイミング	30
ギャップ	2
バーストB位置ジグ	30
ギャップ	2
バーストC位置ザグ	30
ギャップ	2
バーストDタイミング(修正用)	30
ギャップ	2
ブリアンブル2	76
SAM2	18
バーストS同期(書込用)	30
書込ギャップ	250

【0072】スポーク11の一部の概略図を図16に示す。偏心距離を修正するために、以下の点が考慮される。通常、組立を容易にするためにディスクの中心孔はディスクドライブスピンドルより大きくなっており、約 $100 \mu\text{m}$ の最大クリアランスによりディスクとスピン

ドルとのセンターライン間のオフセットが最大50 μm まで許容される。ディスク中心に対するプリントパターン12のオフセット予測値の一例は約15 μm であり得る。この結果生じる65 μm の最大偏心距離が上述のようにセルフサーボ書込の初期段階で測定され、最終製品のトラックが本質的に円形でかつディスクの回転軸を中心とするよう修正される。

【0073】偏心パターン12の概略図が図17に示され、図中、 r はディスクの回転軸から測定された実際の半径を表わし、 R はパターン12の中心から測定された見かけの半径を表わす。上述のチャネルチップ21からの位相測定により R が得られ、総偏心距離 e が修正され得る。パターン上の観察点は実際の半径に関連しており、ここで

【0074】

【数1】

$$re^{i\theta} = e + Re^{i\theta} \text{ および } r^2 = R^2 + e^2 + 2eR \cos \theta$$

【0075】である。偏心率 ε の無限の (dimensionless) 測定値には、IDで限界が与えられ、このとき

【0076】

【数2】

$$\varepsilon = e/R \leq 65\mu\text{m}/R_i = 0.003095$$

【0077】である。後者の関係式を二項級数で展開すると、以下の関係式1が得られる。

$$\text{【0078】 } r = R[1 + \varepsilon^2 + 2\varepsilon \cos \theta]^{1/2} = R[1 + \varepsilon^2/4 + \varepsilon \cos \theta - \varepsilon(\cos 2\theta)/4 + O(\varepsilon^3)] \quad (\text{関係式 1})$$

式中、 $O(\gamma^3)$ は一定時間 γ^3 により制限された非常に小さな項である。

【0079】セルフサーボ書込の初期段階では、アクチュエータがクラッシュストップ (r は公知である) に対して押付けられる。すべてのスポーク11からのデータはディスク16の複数の回転に対して平均化され、エレクトロニクスおよびスピンドル軸受からのノイズの影響を減じる。その後、DFTを用いて関係式1の第1の調和項を計算し、それによって総偏心距離 e と、 $\theta = 0$ (ランナウトは最大である) に対応する角オフセットの位相とが得られる。これは、ボイスコイルモータの電流の繰返し成分を観察することと、変換を反転させてそれを生じたPESを導出することとにより、実現され得る。

【0080】当業者は、リファレンスディスク16の面14上に一旦プリントされたプリントサーボ基準パターン12およびそれに続くディスクドライブ22へのリファレンスディスクの設置により、はるかに少ない資本投資で、サーボライタと同様の位置付け機能が得られるとわかるであろう。セルフスキャン、セルフサーボライタ処理はサーボライタがない場合よりも多くの時間を要し得るが、この動作は、ディスクドライブが完全に組立てられ、粒子汚染に対して封止され、かつディスクドライ

ブエレクトロニクスと一体化された後に行われる。このバーンイン時間が延びたことは、ほとんどのディスクドライブの故障が初期のバーンイン・インターバル中に起こることから、有利である。これらのディスクドライブ耐久セルフスキャン、バーンインおよびセルフサーボライタは、使用の際に信頼性を持って動くであろうと思われる。

【0081】本発明を、非常に高いトラック密度のいくつかの状況下におけるディスク16上の単一の基準パターン12に関して説明してきたが、すべてのディスク面に基準パターンをプリントし、その後ある特定の面の基準パターンを用いてその特定の面に対して最終サーボパターンを生成および書込することも有用または必要となり得る。この要件は、振動または乱れにより、たとえこのドライブの別のヘッドが正確にプリント基準パターンを追従したとしても特定のヘッドが所望の場所から過度にずれてしまうおそれのある状況において、生じ得る。要するに、ある特定のドライブまたはドライブ設計における機械的公差により、最終製品サーボパターンをセルフ書込する際に各ヘッドがそれ自体の位置基準で別々に制御される必要が生じ得る。このアプローチは、2段アクチュエータを有するトランスデューサヘッドに対しても有用であり得る。というのは、各ヘッドが局所的にプリントされたサーボ基準パターンに従いながら、高解像度の製品サーボパターンを同じ記憶面に書込むことができるからである。

【0082】多面ディスクドライブの1つの面は、他のすべての面に書込むためのクロック情報を提供するの用に用いられる磁気的にプリントされた基準パターンを含み得る。このアプローチは、HDAハウジングの光透過性ヘッド・ビューイング窓と、外部サーボ書込装置によって可能になる非接触性ヘッドポジショニングと組合されると、クリーンルーム環境の外でのサーボ書込を可能にし、この外部サーボ書込装置とは、たとえばビル・R・ペーカー (Bill R. Baker) およびアレックス・モラル (Alex Moraru) による「改良されたポジショニングシステムによるサーボトラック書込 ("Servotrack write with Improved positioning System")」(IEEE Trans. On Magnetics, Vol. 33, No. 5, 1997年9月、2623~2625頁) およびB・R・ペーカー (B.R. Baker) による「非固定サーボ書込のための方法および装置 ("Method and Apparatus for Non-Constant Servo Writing")」と題された米国特許第5,771,130号に記載されるような光学プッシュピン・サーボライタなどであり、上記の文献とともにここに引用により援用する。

【0083】本発明により、高価なサーボライタは必要なくなり、また高価なクリーンルーム環境内でのサーボ書込動作が排除される。好ましくはディスク製造動作の部分として転写される低解像度でプリントされたサーボ

基準パターン12が用いられ、特定のドライブが完全に組立てられ、周囲から封止され、機械的および電氣的側面の両方から検査された後、ディスクドライブを製品仕様になるまでセルフサーボ書込することを容易にする。要するに、プリント基準パターン12およびディスクは自蔵式サーボライタとなり、クロック情報と位置情報との両方をディスクドライブ内部に提供する。このアプローチにより、サーボライタのポジショニングエラーおよびヘッドとディスクとの間の低周波数の相対的な動きが排除されるので、従来のサーボライタと比べてより高いTPI密度が可能になる。さらに、データディスクのトラックピッチは別個のディスク記憶面およびヘッドの組合せの各々について最適化でき、最適化TPIを完全に可能にする。これは、一旦サーボライタが排除されるとセルフサーボ書込時間が長くなることはコスト効果的であり得るからである。プリントサーボパターンを用いたこのセルフサーボ書込アプローチにより、複数の製品世代にわたるセルフサーボ書込およびTPI密度のかなりの増加が可能になり、また容易になる。

【0084】プリントサーボ基準パターン12における偏心はディスクドライブエレクトロニクス40内に存在するソフトウェアおよび信号処理によって取除かれ、真の円形トラックを追従する埋込サーボセクタ/パターン（たとえばサーボパターン39）が書込まれ得る。セルフサーボ書込み処理において、製品サーボパターン情報39は、プリント面14上に直接書込まれ、プリント基準パターン12を上書きするかまたは面14のプリントされない領域に書込まれる。パターン39はまた、ディスク18の記憶面にも書込まれる。

【0085】プリント基準パターン12は最終サーボパターン39より密度および質が低くなり得る。これは、プリントサーボ基準パターンを含むために最終製品埋込サーボセクタ間の全データ領域が用いられ得るからである。このような低解像度のプリント基準パターンは、セルフサーボ書込に対して位置およびタイミング情報を提供する他の信号処理技術によりフィルタリングまたは処理され得る。

【0086】たとえば、本発明の一実施例では、基準パターンのプリンティングは、本発明のセルフサーボ書込法によって書込まれる最終製品/サーボパターンの密度の約8分の1で行われる。このように、この処理は大まかな基準で始まり、データが多くの転移からフィルタされてより鋭い基準を抽出する。図18は、基準パターン12のプリンティングおよびヘッド位置情報を用いてパターン偏心距離を測定するステップの例を示すフローチャートであり、図19は、本発明に従って、基準パターンを読取って最終サーボパターンをセルフサーボ書込するためにヘッド位置情報を得るステップの例を示すフローチャートである。

【0087】プリント基準パターン12は上述のように

タイミングに基づいた位置情報を含み、またはこれらのパターンは周波数符号化され、すなわち基準パターン12の隣接するセグメントに異なる周波数がプリントされ得る。ディスクドライブのための周波数に基づいたサーボパターンの例は、パタポーリアン (Patapoulion) 他による「サーボ・ビタビ検出器を用いるディスクドライブのための広域Bi相デジタルサーボ情報検出および予測 (“Wide BiPhase Digital Servo Information Detection, and Estimation for Disk Drive Using Servo Viterbi Detector”）」と題された同一譲受人の米国特許第5,661,750号、およびソルデロ (Sordello) による「セクタ化されたデータ経路追従サーボシステム (“Sectorized Data Path Following Servo Dystem”）」と題された米国特許第4,188,646号に記載される。これら2つの特許をここに引用により援用する。

【0088】本発明を、特定の好ましい例に関してかなり詳細に述べてきたが、他の例も可能である。たとえば、当業者には、本発明が他のサーボパターンおよびサーボパターンを用いる記憶装置とともに用いられ得ることが明らかなはずである。したがって、前掲の請求項の精神および範囲はここに含まれる好ましい例の記載によって制限されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 リファレンスディスクの記憶面にサーボ基準パターンをプリントするための磁気プリンティングステーションの一実施例を表わす図である。

【図2】 基準パターンをつけたディスクおよび複数のブランクディスクを含むハードディスクアセンブリとディスクドライブエレクトロニクスとを含み、製造工程中にセルフスキャンステーション内で基準パターンに基づいてセルフサーボ書込を行なう、ハードディスクドライブの一実施例の図である。

【図3】 (A)は、ドライブエレクトロニクスの一実施例の詳細を含む、図2のハードディスクドライブの簡略図であり、(B)は、図3(A)のドライブエレクトロニクス内のチャンネルチップの一実施例の詳細を示す簡略図である。

【図4】 図1のプリンティングステーションによってディスク面に転写された、本発明の複数の局面に従ったサーボ基準パターンの一実施例の平面図である。

【図5】 (A)および(B)は、図1のプリンティングステーションで、基準パターンをつけたディスク上にプリントされたサーボクロック情報およびサーボ位置情報を含む基準パターン例の一部を拡大した概略平面図である。

【図6】 (A)および(B)は、サーボクロック情報およびサーボ位置情報を含む基準パターン例の一部を、図1のプリンティングステーションで、基準パターンをつけたディスク上にプリントされた横断パターンとともに

10

20

30

40

50

33

に示す、拡大概略平面図である。

【図 7】 図 1 のプリンティングステーションでプリントされた、図 6 の基準パターンの半径方向の基準セグメントの線形化された部分を表わす 1 組のグラフ図である。

【図 8】 図 2 のディスクドライブのアーキテクチャに関する、本発明に従ったプリント基準パターンの空間的考察および制約を表わす図である。

【図 9】 本発明の複数の局面に従ったプリント基準パターンよりかなり高いトラック解像度（密度）を有する 10 精密に位置付けられたデータトラックを得るためのプリント基準パターンの使用を示す図である。

【図 10】 図 1 のプリンティングステーションで、基準パターンをつけたディスク上にプリントされた図 4 の基準パターンの別の例の一部を大きく拡大した図である。

【図 11】 図 10 のようなパターンの半径方向およびダウトラック方向に沿ったヘッド信号の変化を表わす 3 D「洗濯板」波形を示す図である。

【図 12】 プリント基準パターンによりトランスデュ 20 ーサヘッドに誘導された信号に関する線の組を表す図である。

【図 13】 図 12 の線を用いたプリント基準パターンの位置付け特徴についての線を示す図である。

【図 14】 本発明の原理に従って、図 1 のプリンティ *

34

*ングステーションでプリントされた基準パターンに基づいて、図 2 の組立てられたディスクドライブによってセルフ書込された、隣接する円周方向のデータトラックのバンド内の最終サーボパターンを示す図である。

【図 15】 図 4 の基準パターンにおける部分的に斜めになった位置セグメント例の詳細を示す概略図である。

【図 16】 図 4 のパターンにおけるスポークの別の例の詳細を示す概略図である。

【図 17】 ディスクの回転軸に対する基準パターンの偏心距離の例を示す図である。

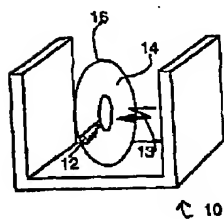
【図 18】 基準パターンのプリンティングと、ヘッド位置情報の用いてパターン偏心を測定することを示すフローチャート図である。

【図 19】 基準パターンを読取ることにより位置情報を得て、最終サーボパターンのセルフサーボ書込を行なうことを示すフローチャート図である。

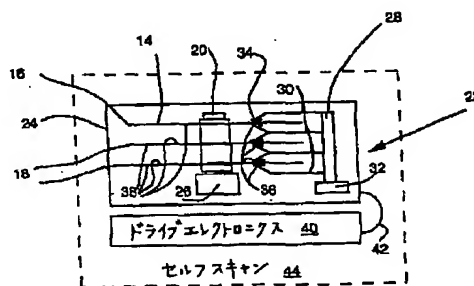
【符号の説明】

14 記憶面、16 ディスク、18 ブランクディスク、20 スピンドル、22 ディスクドライブ、24 ヘッド-ディスクアセンブリ、26 モータ、28 ヘッドアクチュエータ構造、30 ヘッドアーム、32 回転コイルボイスモータ、34、36 トランスデューサヘッド、38 ブランク面、40 ドライブエレクトロニクス、42 相互接続部、44 セルフスキャン。

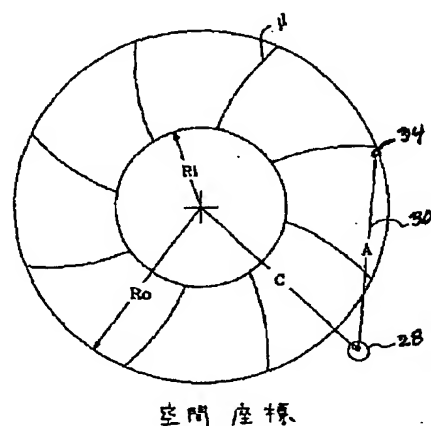
【図 1】



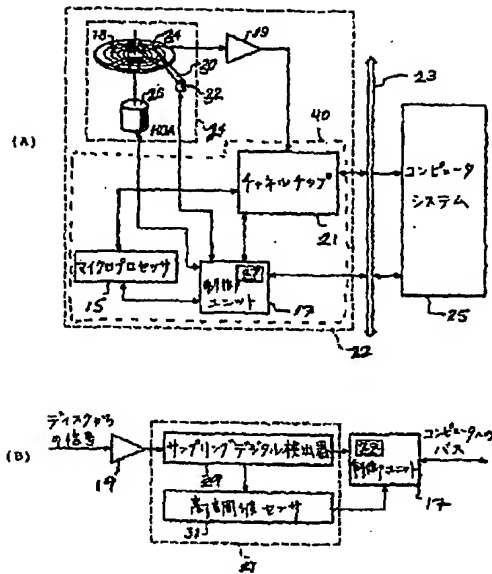
【図 2】



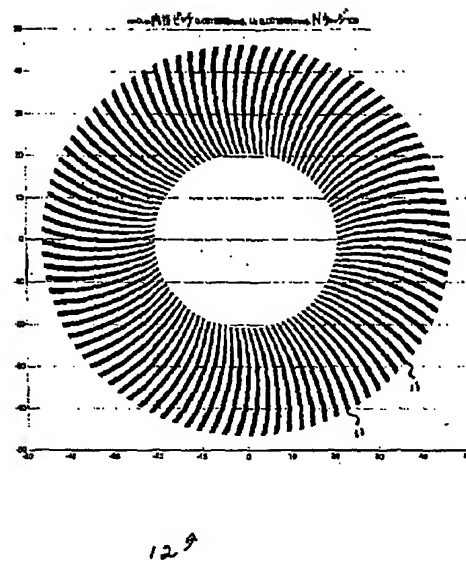
【図 8】



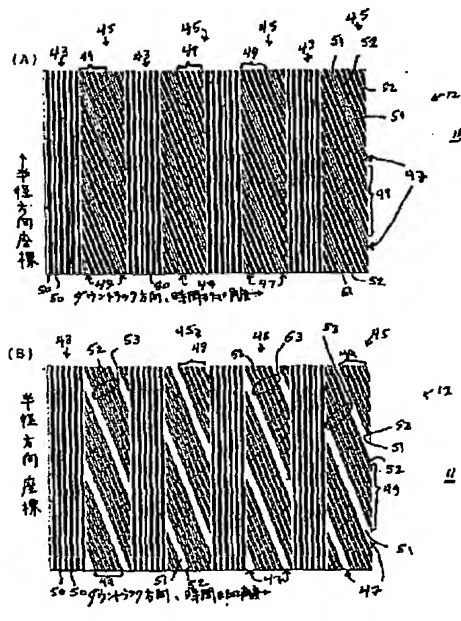
【図3】



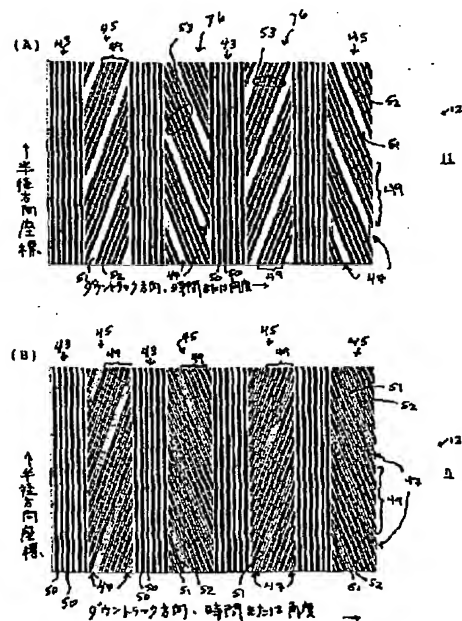
【図4】



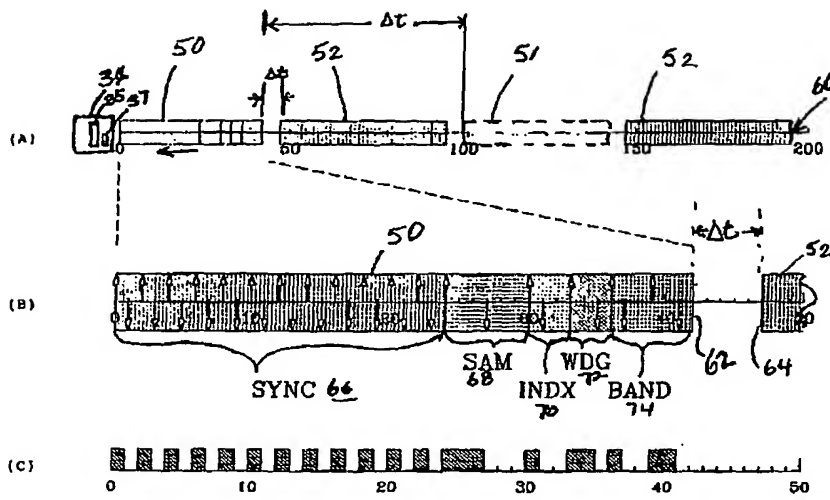
【図5】



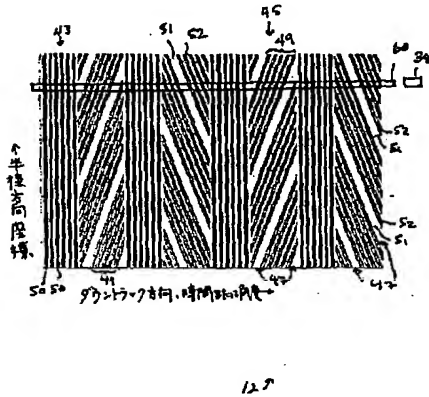
【図6】



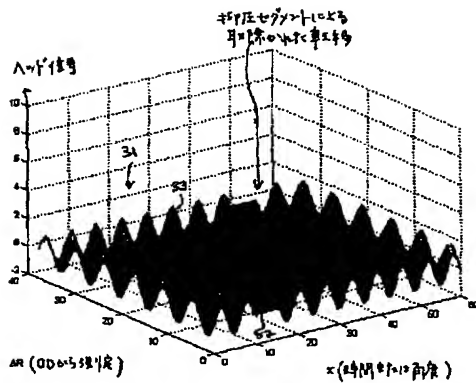
【図 7】



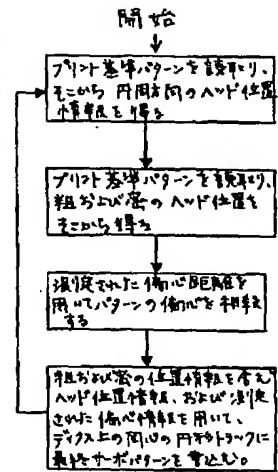
【図 9】



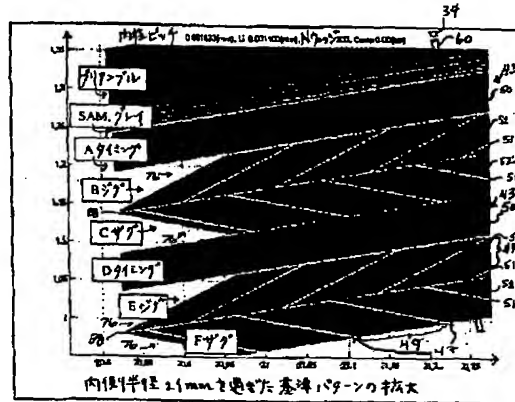
【図 11】



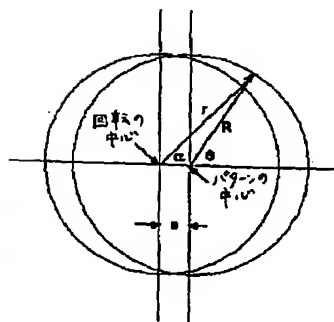
【図 19】



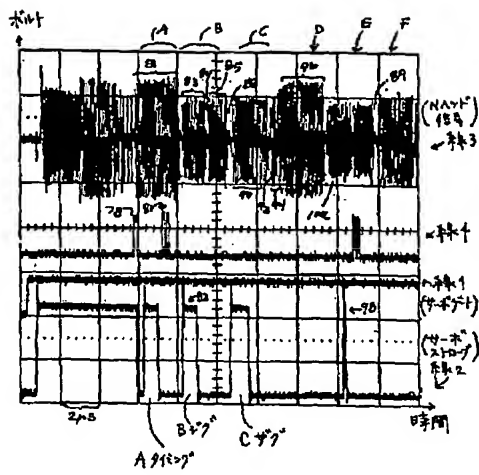
【図 10】



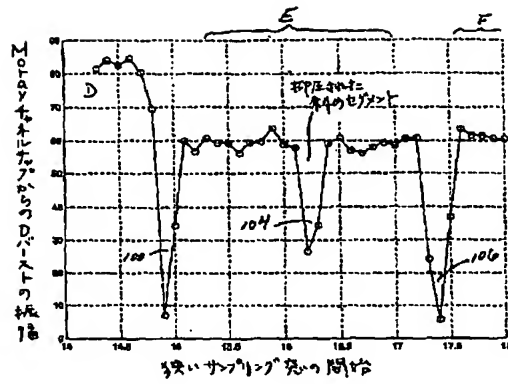
【図 17】



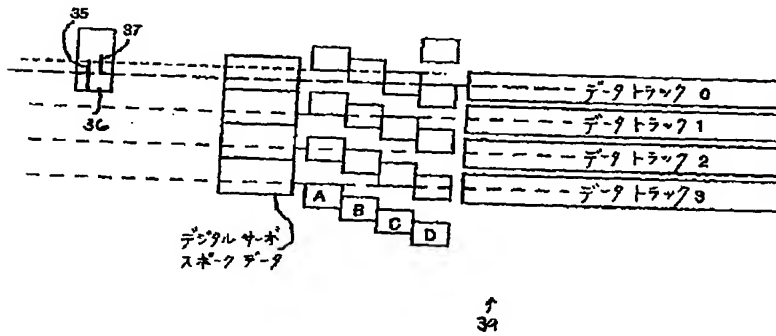
【図12】



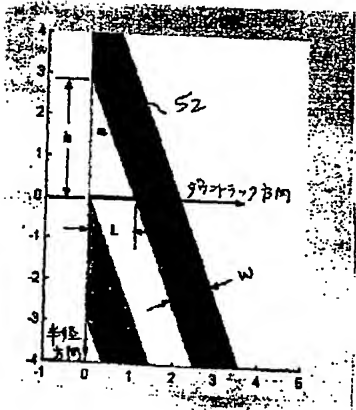
【図13】



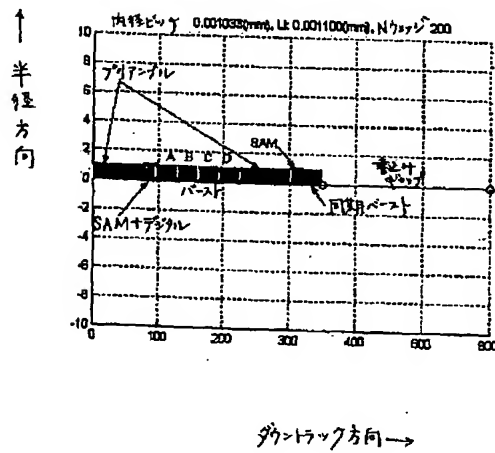
【図14】



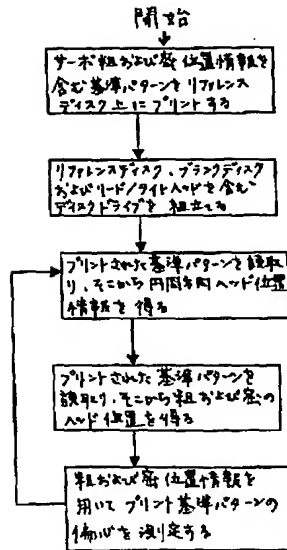
【図15】



【図16】



【図18】



【手続補正書】

【提出日】平成13年4月5日(2001. 4. 5)

* 【補正対象項目名】全図

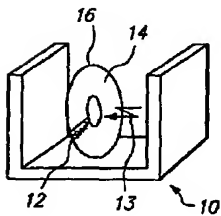
【手続補正1】

【補正方法】変更

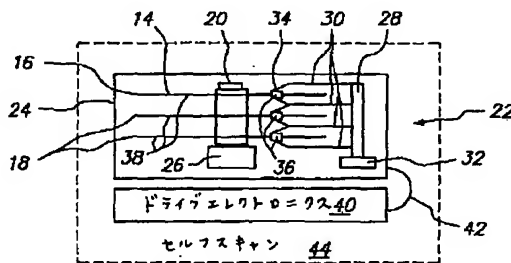
【補正対象書類名】図面

【補正内容】

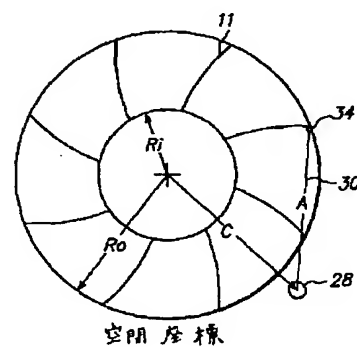
【図1】



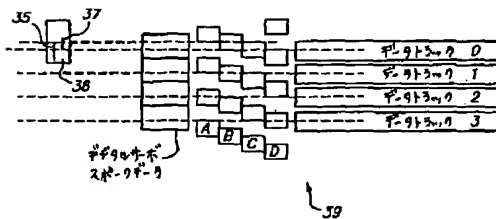
【図2】*



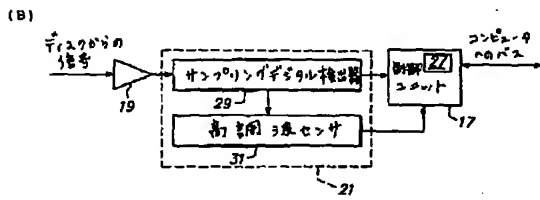
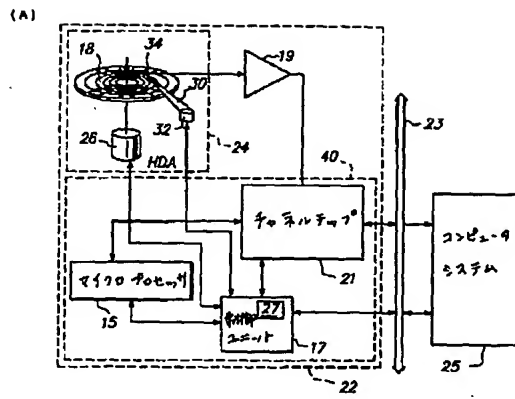
【図8】



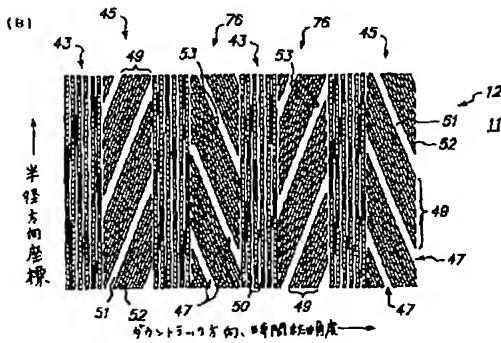
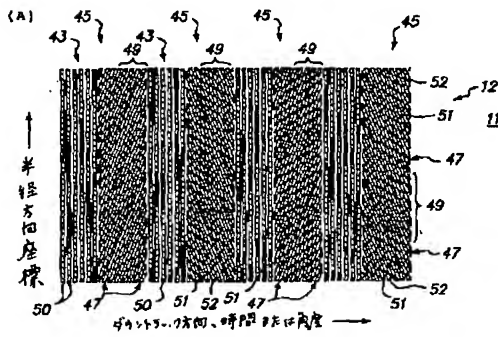
【図14】



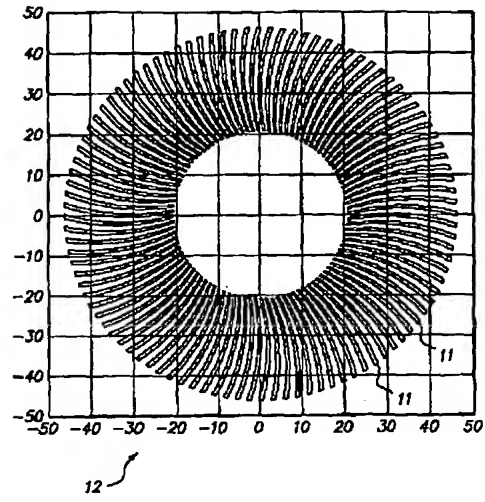
【図3】



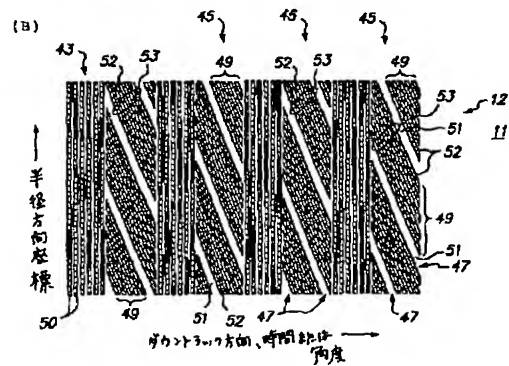
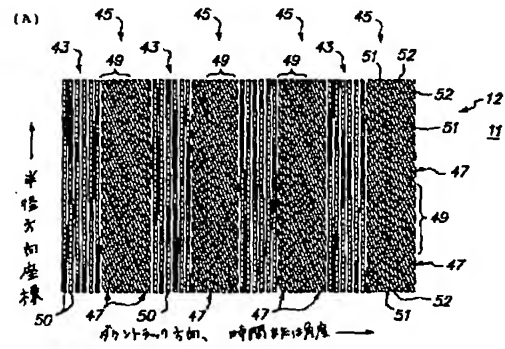
【図6】



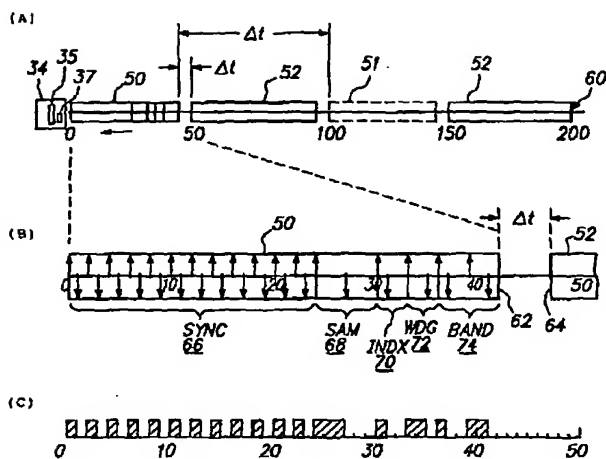
【図4】



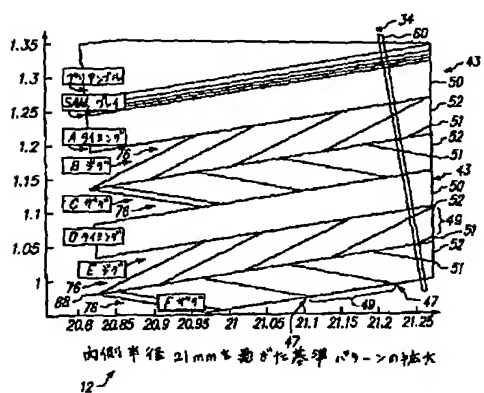
【図5】



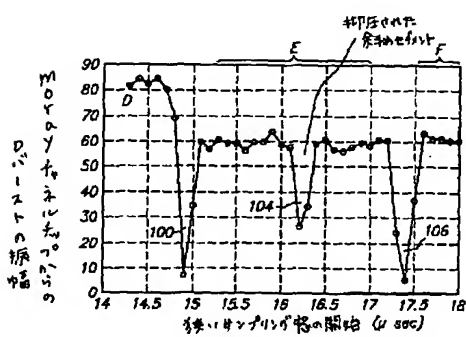
【圖 7】



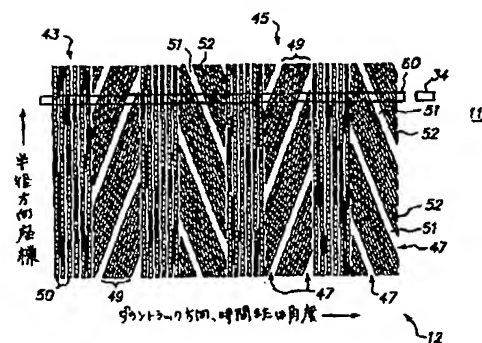
【図10】＊



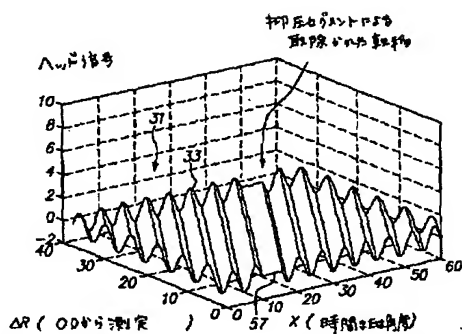
【図 13】



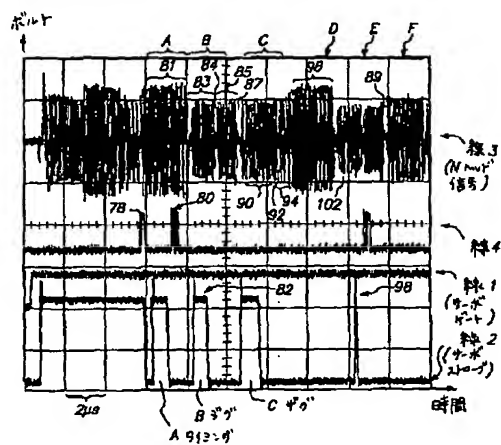
* 【図9】



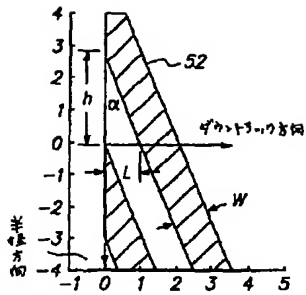
【図 1 1】



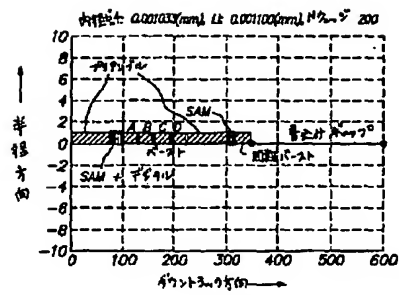
【図 12】



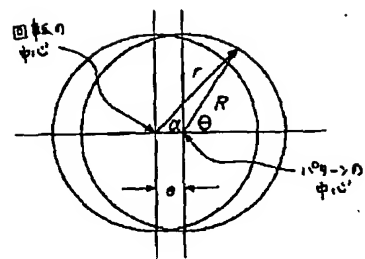
【図15】



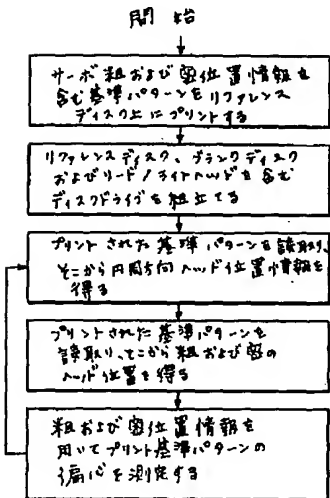
【図16】



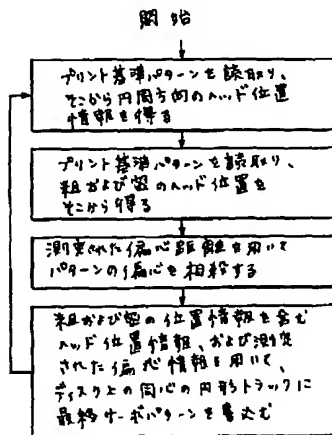
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 マイケル・マヨ

アメリカ合衆国、94303 カリフォルニア
州、パロ・アルト、チャンニング・アベニ
ユ、1880